1. ELECTROSTATICA (Ley de Coulomb)

1.1. OBJETIVOS

Analizar las formas de generar cargas eléctricas por inducción y conducción.
Estudiar y comprender los diferentes comportamientos que puedan presentar algunos cuerpos cargados y las reacciones que estos presenten con el medio o con otros objetos según sea su carga.
Conocer las razones de la repulsión y atracción entre cargas.
Distinguir entre un material aislante y uno conductor.
Identificar los instrumentos de medida eléctrica empleados para este laboratorio (generador de Van der Graff, fuente electrostática, electroscopios, etc.); así como sus características fundamentales y el modo de utilizarlos.

1.2. MATERIALES A UTILIZAR

- Barra y lámina de vidrio
- Barra de Ebonita, láminas de madera y metal
- Piel de gato
- Paño
- Trozos de Papel
- Bolas de icopor, con hilos de algodón y de seda
- Electroscopios (diferentes tipos)
- Generador de Van der Graff (diferentes tipos)
- Fuente electrostática y voltímetros electrostáticos.

1.3. MARCO TEORICO

1.3.1. Estructura Atómica. El átomo está constituido por un núcleo cargado positivamente (+), alrededor del cual se encuentran partículas cargadas negativamente llamadas electrones (-), ver figura 1.
El núcleo está formado por protones y por neutrones cuya carga y masa lo mismo que la del electrón se muestra en la tabla 1.

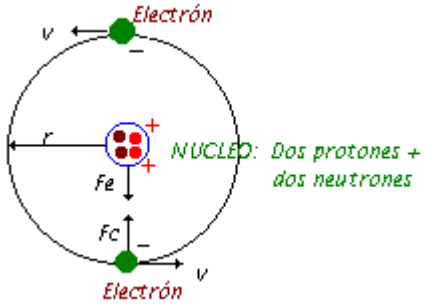


Figura 1. Atomo de Helio

El átomo en su totalidad es neutro, si el átomo tiene exceso de cargas positivas se dice que está ionizado, la partícula alfa es un átomo de helio ionizado doblemente.

Tabla 1. Carga y masa de algunas partículas

Partícula	Carga	Masa (kg)
Electrón	- e	$9{,}11 \times 10^{-31}$
Protón	e	$1{,}67 \times 10^{-27}$
Neutrón	0	$1{,}67 \times 10^{-27}$
Deuterón (protón+neutrón)	e $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C	3.34×10^{-27}
Partícula alfa (α)	2e	6.68×10^{-27}

1.3.2. Carga por inducción, conducción y frotamiento. Cuando una barra de ebonita (hule duro) se frota contra la piel de gato, algunos electrones (-), de la piel por frotación pasan a la barra de ebonita, en consecuencia, la barra de ebonita adquiere un exceso de electrones. Cuando la barra toca, o se acerca a algún objeto metálico electrones en exceso se transfieren al metal por conducción o por inducción.

1.3.3. Corriente eléctrica. Cuando las cargas eléctricas se mueven producen una corriente eléctrica, la designamos por i = dq/dt, sus unidades son Coulombios /segundos = Amperios. Para impulsar las cargas, se emplean las fuentes. Ver figura 2. Para observar la presencia de la carga se utiliza el electroscopio.

1.3.4. Repulsión entre cargas. (Benjamín Franklin). En la naturaleza existen cargas eléctricas positivas y negativas. Cuando las cargas están equilibradas se dice que el cuerpo es neutro. Las cargas ejercen fuerzas sobre otras cargas así:
Cargas iguales se repelen (+ con + y - con -)
Cargas opuestas se atraen (+ con -).

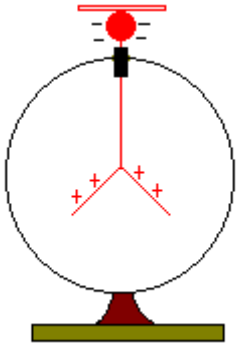
1.3.5. Ley de Coulomb. Las interacciones (atracción y repulsión) entre dos cargas eléctricas son directamente proporcionales al producto de éstas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$F = (kq_1q_2)/r^2 \qquad (1)$$

Coulomb, Charles Agustín de (Angulema 1736 - París 1806). Físico francés. estudió las máquinas simples y el rozamiento. Estableció las bases experimentales y teóricas del magnetismo y la electrostática.

1.3.6. Medida de la carga eléctrica. Coulomb demostró que la cantidad de carga podía relacionarse con la fuerza. De esta manera, le fue posible definir una cantidad estándar de carga en términos de la cantidad de fuerza que produce. En el sistema Internacional (S.I.), la unidad de carga es el Coulomb (C), o sea la carga de 6.25×10^{18} electrones. El utilizó la balanza de Coulomb.

1.3.7. El electroscopio. Este aparato consta de dos laminillas de oro o aluminio que se separan al acercarse un cuerpo electrizado, o hacer contacto con él, permite por su diseño darnos una medida de la cantidad de cargas



eléctricas que se han transmitido, o se han recibido por inducción.

Figura 2. El electroscopio elemental

1.3.8. Voltímetro electrostático y Fuente electrostática de carga

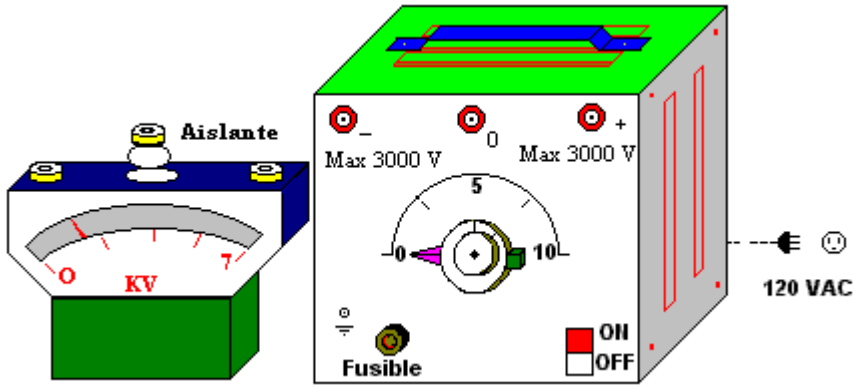


Figura 3. Voltímetro electrostático y Fuente electrostática de carga.

Esta fuente tiene por objeto convertir la corriente eléctrica de alto amperaje en corriente eléctrica de bajo amperaje que no afecta al ser humano. Se puede experimentar con estas fuentes de manera análoga a un generador de Van der graff. Su voltaje se mide con el voltímetro electrostático dado para la práctica, ver figura 3.

1.3.9. Generador de Van Der Graff.

Este generador sirve para recolectar las cargas positivas o negativas que hay en el medio ambiente que lo rodea, para poder utilizar esta carga experimentalmente. Este generador es un aparato que se carga por inducción, recoge las cargas en una banda de caucho y las lleva a la campana del aparato que es donde se encuentra electrizado o cargado, con cargas positivas, ver figura 4.

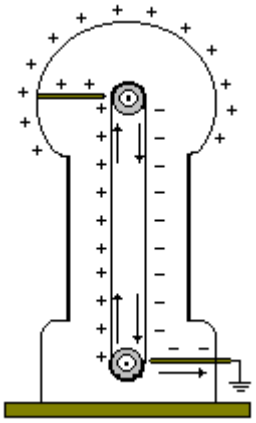


Figura 4. Generador de Van der Graff

1.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1 Con una barra de ebonita y una piel de gato probar que la barra se puede cargar por frotamiento, con la barra cargada eléctricamente, cargue el electroscopio por inducción y por conducción , repita el procedimiento con las bolas de icopor colgadas con hilos de seda y con hilos de algodón. Realice gráficos.

2. Con una barra de vidrio y un paño dado para la práctica probar que un objeto se puede cargar por inducción y por conducción. emplee el electroscopio, y las bolas de icopor. Comparar con (1). Realice los gráficos correspondientes.

3. Con el generador de Van der Graff cargado, y el electroscopio repetir los pasos 1 y 2, Qué observa?.

4. Con el generador de Van der Graff cargado, acercar al electroscopio, conectando este a tierra. Qué observa?.

5. Repetir 3 y 4 pero con la fuente electrostática. Qué observa?.

6. Coloque sobre el electroscopio una lámina de vidrio, con el generador hacer pasar carga a través del vidrio que observa , es el vidrio conductor?, explique.

7. Coloque sobre el electroscopio una lámina de madera, con el generador hacer pasar carga a través de la madera que observa , es la madera conductora?, explique.

8. Coloque sobre el electroscopio una lámina de cobre, con el generador hacer pasar carga a través del cobre que observa , es el cobre conductor?, explique

1. 5. PREGUNTAS

1. En cualquier parte de la naturaleza podemos encontrar cargas positivas y cargas negativas?. Porqué razón solo hay cargas positivas y negativas?.
2. Defina un cuerpo eléctricamente neutro.
3. Cuándo un cuerpo se dice que está electrizado?.
4. Las cargas iguales se repelen y las cargas diferentes se atraen?. Qué ley es? Explique.
5. Las cargas ejercen entre sí unas fuerzas eléctricas que son mayores a las producidas por la gravedad ?. Demuestre.
6. Los metales son buenos conductores?. Las cerámicas son buenos conductores?
7. En la naturaleza se encuentran también los semiconductores como el vidrio. Explique que es un semiconductor.
8. Algunos elementos de la naturaleza son aislantes, como el papel, la madera, el corcho, la cerámica, etc. Explique de acuerdo con la práctica el porqué un material es un aislante.
9. La unidad de medida para la cantidad de carga es el Coulomb (C)?. Qué es un Coulomb, explique, a que equivale numéricamente. Defina: electrón, protón, neutrón, partícula alfa, cual es su carga, ?.

(Escriba en este espacio sus resultados y observaciones, investigue el funcionamiento de cada uno de los instrumentos utilizados en la práctica)

1.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14. Interacción eléctrica.

HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 27.

HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. México 1996. Capítulo 1. PSSC. Física. Editorial Bedout. Medellín. Colombia 1964. Capítulo 27.

PURCELL, Edward M. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A.1969.Capitulo 1.

SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 24.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 23

TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.18 y 19

2. INSTRUMENTACION, MANEJO DE MULTIMETROS DIGITALES

2.1 OBJETIVOS

Conocer y manejar eficientemente los equipos que se van a emplear en el desarrollo del laboratorio. Las normas de seguridad que se deben observar con los mismos para protegerlos.

2.2. MARCO TEORICO

Las escalas de los equipos pueden ser de tipo analógico o de tipo digital. En nuestro laboratorio solo emplearemos escalas de tipo digital, ya que éstas nos proporcionan un mayor grado de precisión en los datos, facilitando el análisis de resultados e interpretación de los mismos.

2.2.1. NORMAS DE SEGURIDAD

Estas pueden calcularse con el empleo de las ecuaciones :

$$I_{max} = (V_{max}) R_e \qquad y \qquad P = I^2 R_e. \qquad (1)$$

Donde :
I_{max} = Corriente máxima
V_{max} = Voltaje máximo
R_e = Resistencia equivalente del circuito
P = Potencia

Tabla 1. Símbolos eléctricos internacionales.

	VOLTAJE PELIGROSO		TIERRA
	AC· CORRIENTE ALTERNA		VER EXPLICACION EN EL MANUAL
	DC CORRIENTE DIRECTA		DOBLE AISLAMIENTO
	AC ó DC		FUSIBLE

Se necesita estar pendientes de las normas de seguridad en cada sesión de trabajo, ellas nos permiten elegir las escalas apropiadas en los multímetros que utilizamos y así los procedimientos serán más seguros y eficientes, los multímetros poseen los símbolos internacionales dados en la tabla 1. Pregunte al profesor antes de prender los equipos y de realizar cualquier circuito eléctrico.

2.2.2. ESCALAS DE MEDIDA

Los escalas de los multímetros o aparatos de medición eléctrica son de dos tipos:

ANALOGICAS : Poseen un sistema de bobina móvil por el que circula la corriente a medir, esta corriente es proporcional al torque realizado sobre el circuito , la aguja está fija a la bobina, al girar esta la aguja mide en una escala, el valor de la magnitud física.

DIGITALES : El valor de la magnitud física que se está midiendo, aparece determinada por los dígitos, en un display o ventana. Si los factores de escala están correctos, no requiere cuidados especiales.

2.2.2. VOLTIMETRO

Es un multímetro en su función de medir voltajes AC/DC. Practicaremos con ellos, tanto en escalas analógicas como en escalas digitales, determinando escalas apropiadas para medir voltajes alternos y voltajes continuos.

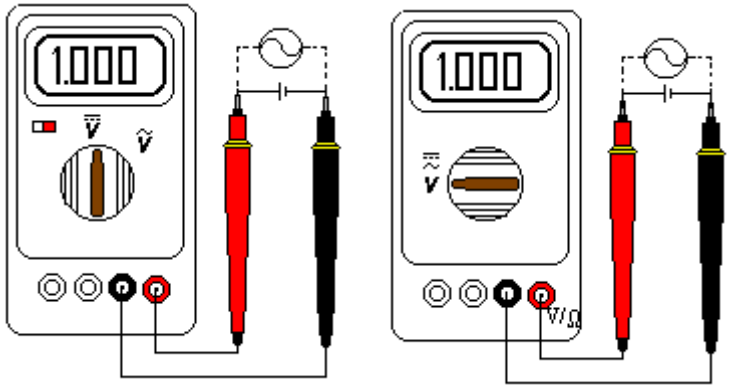


Figura 1. Manera de medir voltajes (voltímetro)

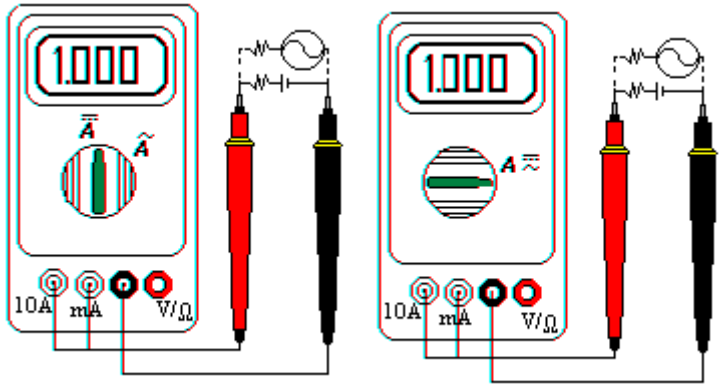


Figura 2. Manera de medir corrientes (amperímetro)

Para medir voltajes, conecte el cable negro al terminal común y el cable rojo a uno de los terminales con V/Ω y rote la llave al rango requerido de DCV o ACV. Ver figura 1. Conecte el voltímetro en paralelo con la carga del circuito que desea medir.

2.2.4. AMPERIMETRO

Metro empleado para medir corrientes alternas o continuas (AC/DC). Si no conoce la corriente a medir conecte el cable negro al punto común y el rojo al terminal 10A. Gire la llave al rango apropiado en DCA o ACA. Conecte el amperímetro en serie con la carga del circuito que desea medir, averigue la frecuencia de la corriente a medir (50Hz hasta 400Hz).Ver figura 2.

2.2.5. OHMIMETRO

Para medir resistencias, conecte el cable negro al terminal común y el rojo a uno de los puntos V/Ω, torne la llave al rango de Ohmios (Ω), ver figura 3. Conecte las puntas de prueba a través de la resistencia que desea medir. Las cantidades medidas llevan las unidades : Ohm (Ω), en la escala más sensible, en los otros casos se tiene en cuenta los factores de escala.

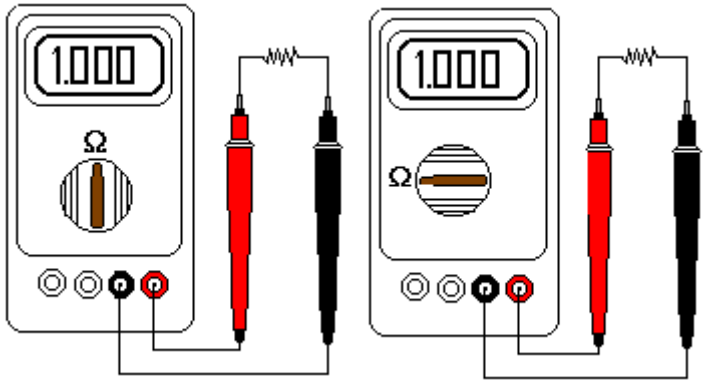


Figura 3. Manera de medir resistencias

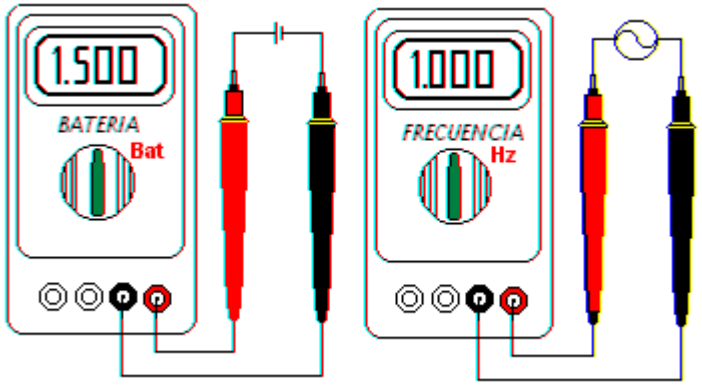


Figura 4. Manera de probar las baterías del multímetro y de medir la frecuencia

2.2.6. PRUEBA DE BATERIAS

Para medir una batería conecte el cable negro al punto común y el rojo a un terminal V/Ω, Torne la llave al rango (Bat), ver figura 4, Conecte las puntas de prueba a los polos de la batería que desea medir. Ver figura 4.

2.2.7. FRECUENCIOMETRO

Para medir frecuencias, conecte el cable negro al punto común y el rojo al punto con la indicación (Hz), rota la llave al rango (Hz). Conecte las puntas de prueba en el circuito, el tablero indica la frecuencia en Hz. Ver figura 5. Si es necesario ajuste el valor a cero con la perilla de ajuste de cero colocada en la parte superior derecha del multímetro.

2.2.8. MEDIDAS DE CAPACITANCIA

Antes de conectar el condensador de prueba, coloque en apagado el multímetro, note que el tablero esté marcando cero, cada vez que cambie el rango de medida. El condensador debe de estar descargado antes de cada medida. Ver figura 5. Si es necesario ajuste el valor a cero con la perilla de ajuste del metro.

2.2. 9. PRUEBA PARA TRANSISTORES

Coloque la llave en la posición de hFE, ver figura 5. Inserte los terminales del transistor (Emisor, base y colector), en los huecos apropiados del soket en el panel frontal, de acuerdo al tipo de transistor (NPN o PNP), el tablero lee el valor aproximado hFE en la condición de prueba (corriente de base 2.4 μA; y VCE 3 V).

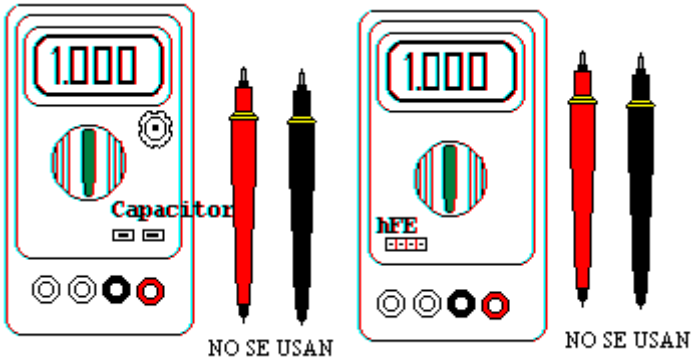


Figura 5. Medida de la capacitancia y prueba de transistores hFE

2.3. MATERIALES A UTILIZAR

Multímetros analógicos y digitales en su funciones de: Amperímetros, voltímetros, ohmímetros, capacitómetros, frecuenciómetros, medidores de continuidad, fuentes, tableros de conexiones (protoboard), etc.

2.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.4.1 MEDIDAS DE RESISTENCIAS ELECTRICAS

La resistencia eléctrica es la magnitud física, que nos dice el grado de oposición que tiene la materia al paso de la corriente eléctrica. Su valor se determina con el ohmímetro, en forma empírica o por codificación en otros casos. Las resistencias codificadas tienen forma de un pequeño cilindro como ilustra la figura 6 .

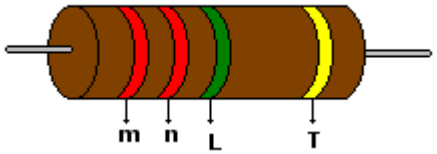


Figura 6. Resistencia eléctrica de $22x10^5$ Ohmios, tolerancia de 5% (oro).

El valor de la resistencia se determina por la ecuación :

$$R = (10\,m + n)\,x10^{L} \quad \text{Ohm.} \qquad (1)$$

Donde: m, n, L, T son anillos de diferente color. A cada color se le asigna un número. Así la ecuación anterior se puede resolver y determinar el valor de R con su respectiva tolerancia.
El anillo T puede ser de color: Oro, indica una tolerancia del 5%. Plata, indica una tolerancia del 10%. Sin color, indica una tolerancia del 20%.
También se puede leer el valor de una resistencia teniendo presente la tabla 2.

Tabla 2. Código de colores para las resistencias

COLOR	*NUMERO*	*MULTIPLICADOR*	*TOLERANCIA*
NEGRO	0	1	
CAFÉ	1	10 E 1	
ROJO	2	10 E 2	
NARANJA	3	10 E 3	
AMARILLO	4	10 E 4	
VERDE	5	10 E 5	
AZUL	6	10 E 6	
VIOLETA	7	10 E 7	
GRIS	8	10 E 8	
BLANCO	9	10 E 9	
ORO		10 E –1	5%
PLATA		10 E –2	10%
SIN COLOR			20%

2.4.3. FUENTES

Una fuente, es el dispositivo eléctrico que alimenta al circuito, permite el movimiento de cargas. Las hay de corriente alterna (CA) o de corriente continua (CD) ; pueden tener salidas fijas o salidas variables ver figura 8.

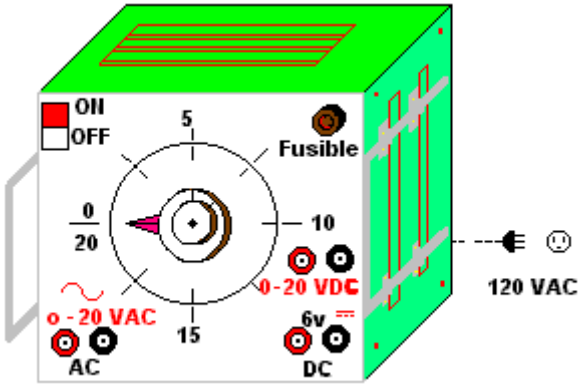


Figura 8. Fuente AC/DC de 0 ... 20 V.

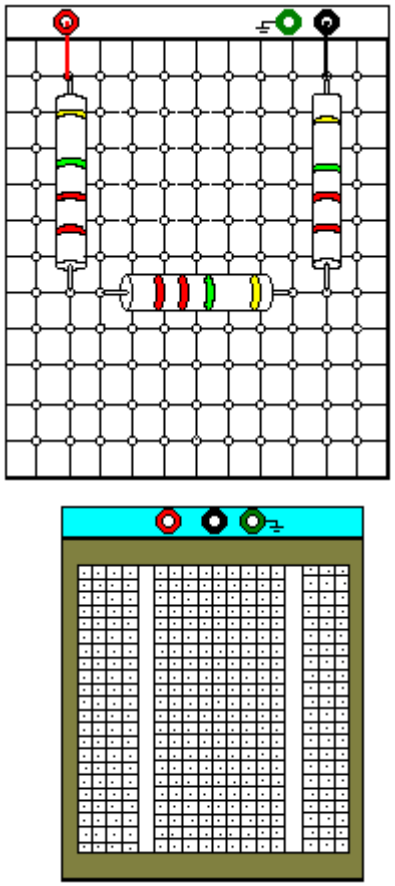


Figura 9. Plantillas para armar los circuitos eléctricos (páneles y protoboards)

Se hará un ejercicio, empleando diferente clase de fuentes y se aprovecharán para mecanizar el empleo del multímetro en sus diferentes funciones.

2.4.4. PANELES Y PROTOBOARD

Son plantillas sobre las cuales se arman los diferentes circuitos. Tienen conexiones para fuentes, se debe analizar la forma como están conectados los cables por dentro con el ohmímetro. Como ejemplo ver figura 9.

2.4.5. CIRCUITO SIMPLE

Corresponde al más elemental de todos los circuitos. Consta de una fuente y una resistencia, como ilustra la figura 10.

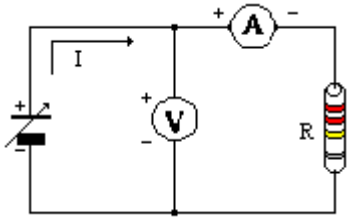


Figura 10. Circuito eléctrico elemental

Se muestra la conexión del amperímetro y del voltímetro. Si deseamos medir la corriente del circuito, procedemos así : Determinamos V_{max} (con el voltímetro en CD), colocándolo sobre las terminales de la fuente.

Por normas de seguridad : I = V/R. Para un determinado valor de V. Esto nos permite seleccionar la escala apropiada para medir I y tomar todos los valores que se deseen por debajo de un determinado valor de V. El valor máximo del voltaje de la fuente es de 20 VDC, la corriente máxima es de 2A, tenga en cuenta las normas de seguridad, para realizar sus medidas, consulte al profesor.

2.5. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Investigue el funcionamiento de cada multímetro, el analógico y el digital, en sus diferentes funciones.
2. Con el circuito simple de la figura 10, tome 10 datos para cada una de las resistencias dadas para la práctica, de voltaje y de corriente, con estos datos grafique V vs I la pendiente es el valor de la resistencia, comprobar.
3. Tome, para dos escalas diferentes, con el voltímetro en su función de CA, el voltaje de la red y el voltaje de la fuente dada para la práctica, con ambos multímetros.
4. Investigue como funciona una fuente, realice un plano de una fuente con bloques, explique cada bloque.

2.4. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

Manual PHYWE sobre equipos de laboratorio y sus especificaciones técnicas . Biblioteca del Laboratorio de física UPTC.

Manual del multímetro digital DM-341, marca Goldstar. Biblioteca del Laboratorio de física UPTC.

PHYWE. University Laboratory Experiments Physics. Vol 1-5. Phywe series of publications. Germany. 1994. Laboratorio de Física UPTC.

3. RESISTENCIA INTERNA DE UN AMPERIMETRO

3.1. OBJETIVOS

Calcular la resistencia interna de un amperímetro. Obtener en primer lugar el modelo matemático, para proceder a la toma de datos y el análisis correspondiente.

3.2. MARCO TEORICO

Analizando un circuito como el que se muestra en la figura 1, derivaremos el modelo matemático que nos permite determinar experimentalmente la resistencia interna de un Amperímetro.

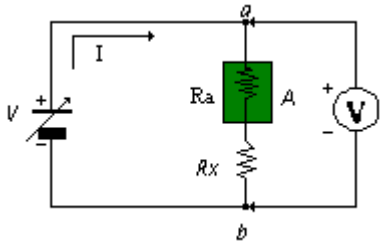


Figura 1. Circuito para calcular la resistencia interna de un amperímetro

R_x = Resistencia de carga ($5 \leq R_x \leq 10\Omega$) , Potencia = 5 W.

El circuito consta de una sola malla. La corriente sale del (+) de la fuente atraviesa el amperímetro, continúa por R_x y regresa al negativo de la fuente.
Del circuito podemos deducir que :

$$I = I_a = I_x \qquad (1)$$

El voltímetro conectado en paralelo, registra la diferencia de potencial entre a y b, en donde se encuentran las resistencias R_a y R_x. Así la medida del voltímetro se puede escribir :

$$V = V_a + V_x = (I_a)R_a + (I_x)R_x$$

$$V = (R_x + R_a)\, I_x \qquad (2)$$

La expresión (2) es el modelo matemático que nos permite calcular R_a experimentalmente, para cualquier escala.

3.3. MATERIAL A UTILIZAR

Dos multímetros, un protoboard, fuente (0-20 VDC), R_x (5-10 Ω), potencia 5W.

3.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Armar el circuito mostrando en la figura 1. Empleando normas de seguridad, determinar las escalas apropiadas para los multímetros en su función de amperímetros y voltímetros. Variando el voltaje de la fuente dentro del rango permitido por las normas de seguridad, elabore una tabla de datos V vs I_x . No sobrepasar los valores máximos permitidos. Hacerlo puede ocasionar sobre calentamiento en R_x y alterar fundamentalmente los resultados.

3.5. CALCULOS y ANALISIS DE RESULTADOS

Con algunos voltajes de la fuente dentro del rango permitido compruebe la validez de las ecuaciones (1) y (2).
Represente V vs f(I_x) en papel milimetrado. Comparando con el modelo matemático y con el empleo de regresiones determine R_a.
Determine las unidades de R_a por análisis dimensional.
Que concluye respecto al valor de R_a ? Investigue el porqué de éste valor.

3.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física. Volumen 2. Cuarta Edición.Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. México 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997. Capítulo 26
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.22 y 23.

4. RESISTENCIA INTERNA DE UN VOLTIMETRO, METODO 1.

4.1. OBJETIVOS

Determinar la resistencia interna de un voltímetro. A través de un modelo matemático derivado de un circuito simple, explicar el porqué de su valor.

4.2. MARCO TEORICO

Analizando el circuito de la figura 1, logramos llegar al modelo matemático así:

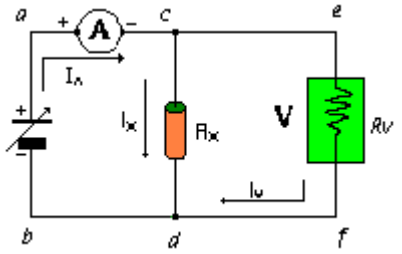


Figura 1. Circuito eléctrico para calcular la resistencia interna de un voltímetro

Aplicando la ley de conservación de carga en el c, se obtiene :

$$I_A = I_x + I_v \qquad (1)$$

De la ley de conservación de la energía tenemos:

$$V_{ab} = V_{cd} = V_{ef} \qquad (2)$$

$$I_v = V_{ab} / R_v \qquad (3)$$

$$I_x = V_{ab} / R_x \qquad (4)$$

Reemplazando : (3) y (4) en (1) : $I_A = V_{ab} (1/R_x + 1/R_v)$

$$I_A = V_{ab} (R_x + R_v) / (R_x * R_v) \qquad (5)$$

La expresión (5),constituye el modelo matemático para determinar experimentalmente la resistencia interna de un voltímetro.

4.3. MATERIALES A UTILIZAR

Dos multímetros, una resistencia (5<Rx<10 MΩ), 1/2 W, una fuente (0-20 VDC), protoboard.

4.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Construir el circuito mostrado en la figura 1. Para un V_{max} = 20 V. Halle I_{max} que le permite definir la escala apropiada en el Amperímetro. Variando voltajes de la fuente ; elabore una tabla de datos . I_A vs V_{ab}

4.5. CALCULOS y ANALISIS DE DATOS

Con algunos valores de voltaje de la fuente menores que 20 V, compruebe las ecuaciones (1) y (2). Represente en rayado milimetrado I_A vs f (V_{ab}).
Con la regresión apropiada determine R_v. Para ello compare con el modelo matemático. Haga un análisis dimensional de su ecuación particular y determine las unidades de R_v. Justifique físicamente la magnitud del valor hallado para Rv. Determine Rv, para otra escala del voltímetro.

4. 6. RESISTENCIA INTERNA DE UN VOLTÌMETRO, METODO 2.

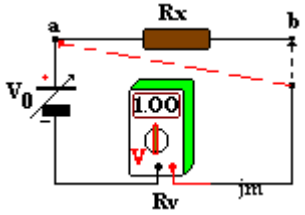


Figura 1. Circuito eléctrico para calcular la resistencia interna de un voltímetro, método del punto flotante.

4. 6.1. PROCEDIMIENTO

Con una resistencia (5 < R_x <10) MΩ, ½ W. Armar el circuito de la figura 1.

Aplicando el teorema de mallas se obtiene:

$$V_0 = V + V_R \qquad (1)$$

Se puede escribir como:

$V_0 = V + IR$, donde I es la corriente en el circuito de una sola malla. I se puede calcular como:

$$I = V_0/(R + R_v) \qquad (2)$$

Luego

$$V_0 = V(R + R_v)/R_v \qquad (3)$$

La ecuación (3) constituye el modelo matemático, para determinar la resistencia interna del voltímetro, este método se llama de punto flotante.

4.6.2. PROCEDIMIENTO

Arme el circuito de la figura 1, simule medir V_0 y V, cuando esté seguro, prenda la fuente y sin pasar de los 20 VDC, elabore una tabla de datos V_0 vs V, repita el procedimiento para la escala de 2 VDC.

4.6.3. ANALISIS DE DATOS

Construya los dos gráficos V_0 vs f (V), Halle la ecuación particular por regresiones. Comparando las ecuaciones particulares con el modelo matemático, determine R_v para cada escala.
Determine las unidades de R_v, por análisis dimensional.

Qué concluye respecto al valor de R_v. Investigue y justifique.

4.7. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición.Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. México 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997. Capítulo 26
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.23.

5. SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES, CALCULO DE UN CAMPO ELECTRICO UNIFORME

5.1. OBJETIVOS.

Construir superficies equipotenciales, con diferentes configuraciones del campo.
Calcular experimentalmente un campo eléctrico uniforme; empleando técnicas gráficas y teoría de regresiones.

5.2. MARCO TEORICO

Un cuerpo cargado produce a su alrededor un campo eléctrico **E**. Este campo al igual que cualquier campo vectorial, se describe por medio de líneas de campo. El campo es tangente a las líneas de campo en cualquier punto. Algunas configuraciones de campo se ilustran en las figuras siguientes :

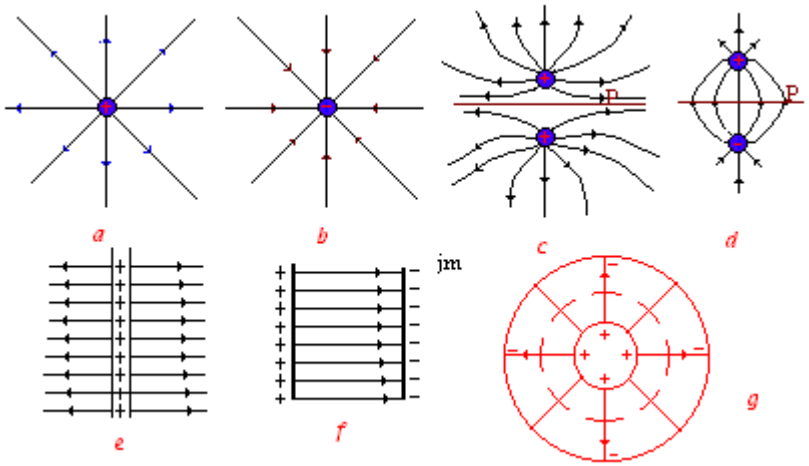


Figura 1. Configuraciones de campo eléctrico

(a) **E**: campo eléctrico producido por una carga puntual (+).
(b) **E:** campo eléctrico producido por una carga puntual (-)
(c) **E:** campo eléctrico resultante de una interacción de dos cargas iguales y positivas.
(d) **E:** resultante de la interacción entre una carga (+) y una (-), dipolo eléctrico.
(e) **E**: campo eléctrico uniforme producido por un alambre de longitud infinita.
(f) **E:** campo eléctrico producido por dos placas paralelas (modelo de un condensador de placas paralelas).

(g) **E :** campo eléctrico producido por dos cilindros concéntricos uno con carga positiva y otro con carga negativa. (Modelo de un condensador cilíndrico)

En las figuras (a), (b) y (g), el **E** tiene simetría radial, definiendo campos no uniformes. Se calcula como :

$$\mathbf{E} = (kQ/r^2)\,\mathbf{u}_r \qquad (1)$$

Q = carga que produce el campo
r = distancia de la carga al punto donde se va a calcular el campo.

$$k = 9x10^9\ (N\text{-}m^2/C^2)$$

$\mathbf{u}_r$ = vector unitario en dirección del campo

En la figuras (c) y (d) el campo cualquier punto P, es el resultado de la contribución de los campos de las cargas puntuales (+) y (-), ó solo positivas.

$$\mathbf{E} = \sum \mathbf{E}_i = (kQ_1/r_1^2)\,\mathbf{u}_{r1} + (kQ_2/r_2^2)\,\mathbf{u}_{r2} \qquad (2)$$

k se puede expresar como : $k = 1/4\pi\epsilon_o$ donde:

$\epsilon_o = 8.85\text{x}10^{-12}\ C^2/\text{N-m}^2$ (Constante de permitividad eléctrica en el vacío)

En la figura (1f) se tiene un **E** uniforme, que se construye conectando las placas conductoras a los bornes de una batería de corriente continua. En términos del potencial entre las placas el campo eléctrico se calcula como :

$$E = V/d \quad \Leftrightarrow \quad V = E\,d \qquad (3)$$

V = potencial entre las placas
E = campo eléctrico
d = distancia entre placas.

5.3. MATERIAL A UTILIZAR

Cubeta de ondas, con agua hasta la mitad, un multímetro, una fuente 0-20 VDC, un par de electrodos planos, un par en forma de círculos concéntricos, un par uno puntual y el otro plano (opcional).

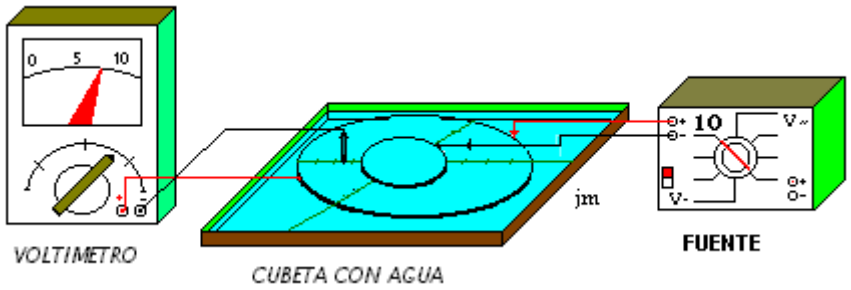


Figura 2. Simulación de un condensador cilíndrico vista por encima

5.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Realizar los montajes dados para la práctica. Para nuestra guía ver las figuras 2. y 3. Trazando un sistema coordenado cartesiano en el centro de una hoja de papel milimetrado, colocarla por debajo de la cubeta tal que el origen del sistema coincida con los ejes de simetría del montaje experimental. Con el punto flotante conectado al multímetro y rastreando sobre puntos simétricos al sistema de coordenadas, dibujar en una hoja semejante milimetrada los puntos de igual potencial.

Cambiar los electrodos para otra configuración de **E** ver figura 2 y proceder como en el caso anterior. En todos los casos los electrodos están sumergidos en una sustancia líquida transparente y conductora (puede ser agua, luego repetir el experimento con agua y sal, luego con agua y azúcar etc.). Analizar y discutir los resultados. El voltaje aplicado a los electrodos debe de estar entre 0 y 10 voltios.

Con los electrodos paralelos de la figura 3, hacer el siguiente montaje. Los resultados experimentales cumplen con la ecuación (3)?. Manteniendo el electrodo A fijo y desplazando el electrodo B de izquierda a derecha dentro del campo ; hacer un muestreo V vs d.

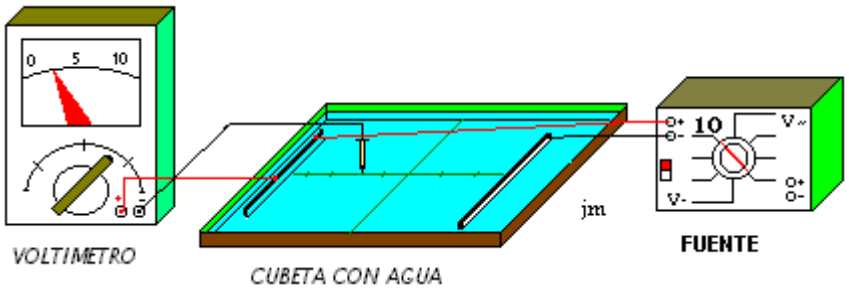


Figura 3. Simulación de un condensador de caras paralelas

Esta práctica también se puede realizar cualitativamente utilizando el generador Van Der Graff y accesorios, tratar de observar diferentes configuraciones de E.

5.5. CALCULOS y ANALISIS DE LOS DATOS

Con las diferentes configuraciones de electrodos ; dibuje las curvas equipotenciales.
Elabore un gráfico V vs f(d) en papel milimetrado. Halle su ecuación particular por regresiones y determine E.
Aumente el voltaje aplicado a los electrodos y vuelva a calcular E experimentalmente. Que concluye de los resultados .
Si se cambia la sustancia conductora que podrá ocurrir?. Investigue.
Por análisis dimensional, determine las unidades de E.
Realice el montaje adicional: Un electrodo plano y el otro puntual, repita el procedimiento de los anteriores.
Demuestre que los montajes 2 y 3 corresponden a modelos simulados de condensadores: cilíndrico y de placas paralelas respectivamente.

3.6. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano.Bogotá. 1970.Capitulo 14. Interacción eléctrica
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 28.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 2.
PSSC. Física. Editorial Bedout. Medellín. Colombia 1964. Capítulo 28-29.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A.1988.Capitulo 2.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España.1966. Capítulo 25.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 25
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.20.

6. CAPACITORES EN SERIE, PARALELO y MIXTOS

6.1. OBJETIVOS

Hallar la capacitancia equivalente de tres capacitores en serie, paralelos y mixtos. Familiarizar al estudiante en el manejo del voltímetro y capacitómetro. Observar el proceso de carga y descarga en un condensador de placas paralelas.

6.2. MARCO TEORICO.

Los capacitores se pueden conectar en serie como lo indica la Figura 1, la placa negativa del primero está conectada a la positiva del segundo y así sucesivamente, todos los capacitores tienen la misma carga positiva o negativa en sus placas lo cual implica para tres capacitores que:

$$V_1 = Q/C_1;\ V_2 = Q/C_2\ ;\ V_3 = Q/C_3 \qquad (1)$$

La diferencia de potencial es:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = Q(1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3) \quad (2)$$

$$V = Q(1/C_e) \qquad (3)$$

Donde:

$$1/C_e = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 \qquad (4)$$

C_e es la Capacitancia equivalente del circuito serie.

Cuando se conectan los capacitores en paralelo figura 2, todas las placas positivas están conectadas a un punto común y las negativas a otro, de modo que la diferencia de potencial es la misma para todos los capacitores por lo cual tenemos:

$$Q_1 = C_1V;\quad Q_2 = C_2\,V\ ;\quad Q_3 = C_3\,V \qquad (5)$$

La carga total es:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = V(\,C_1 + C_2 + C_3) = V\,C_e \qquad (6)$$

Donde :

$$C_e = C_1 + C_2 + C_3 \qquad (7)$$

es la capacitancia equivalente del circuito paralelo.

6.3. MATERIALES A UTILIZAR

Tres condensadores con capacitancias diferentes y codificadas, dos multímetros, una fuente 0-20 VDC, un protoboard.

6.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Armar los circuitos mostrados en las figuras 1, 2 y 3. Empleando normas de seguridad, determinar las escalas apropiadas para los multímetros en su función de capacitómetros y voltímetros. Variando el voltaje de la fuente dentro del rango permitido por las normas de seguridad (0 y 20 VDC). Mida con el capacitómetro las capacitancias de cada uno de los tres condensadores dados para la práctica.

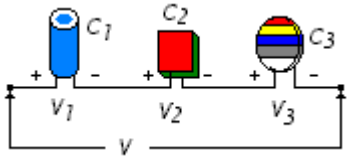


Figura 1. Capacitores conectados en serie

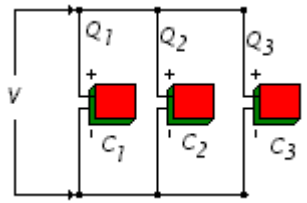


Figura 2. Capacitores conectados en paralelo

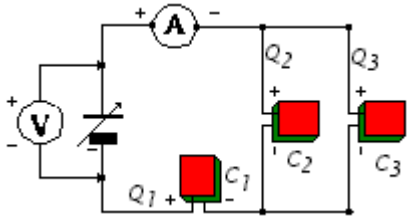


Figura 3. Capacitores conectados de forma mixta

6.5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

Comprobar las ecuaciones 1 a 7 en cada uno de los ordenamientos, (serie, paralelo y mixto).
Determinar la capacitancia equivalente en cada caso, (C_e).Teórica y experimentalmente.
Comparar los valores de cada C_e con el capacitómetro, con los valores obtenidos para cada C_e experimental, halle el error porcentual en cada caso. Están dentro de las tolerancias permitidas ?

(Espacio para análisis de los resultados)

Comprobar con el código de colores el valor de los condensadores dados para la práctica. Ver tabla 1.

Tabla 1. Código de colores para los condensadores

		CAPACITANCIA				TOLERANCIA
COLOR	Coeficiente de Temperatura	1ª	2ª	Multipli-cador	C ≤ pf	C > pf
Negro	$- 0 \times 10^{-6}$		0	1	-	± 20 %
Marrón	-	1	1	10	± 0.1 pf	± 1 %
Rojo	-	2	2	100	± 0.25 pf	± 2 %
Naranja	-150×10^{-6}	3	3	1000	-	-
Amarillo	-	4	4	10000	-	-
Verde	-	5	5	100000	± 0.5 pf	± 5 %
Azul	-	6	6	1000000	-	-
Violeta	-750×10^{-6}	7	7	-	-	-
Gris	-	8	8	0.01	-	-
Blanco	-	9	9	0.1	± 1 pf	± 20 %

6.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 16.

HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 31.

HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 5.

PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A.1988.Capitulo 3.

SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España.1966. Capítulo 27.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 26.

(Espacio para notas)

7. LEY DE OHM.

7.1. OBJETIVOS

Verificar cuando un conductor es óhmico, y calcular su resistencia experimentalmente. Comparar los valores con el código de colores y con el ohmímetro.

7.2. MARCO TEORICO

Un dispositivo conductor obedece la ley de Ohm, (**Simón George Ohm,** físico Alemán (Erlangen 1789 - Munich 1854). Director de la Escuela Politécnica de Nuremberg y profesor de la Universidad de Munich), si la resistencia entre cualquier par de puntos es independiente de la magnitud y polaridad de la diferencia de potencial aplicada. En otras palabras la corriente y el potencial están relacionados como :

$$V = RI \qquad (1)$$ Ley de Ohm.

El conductor es óhmico, si cumple con la expresión anterior originando un comportamiento lineal.

7.3. MATERIALES A UTILIZAR

Una fuente (0-20 VDC), dos multímetros, tres resistencias codificadas, protoboard.

7.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Armar el circuito de la figura 1, determinando previamente por normas de seguridad las escalas apropiadas para el amperímetro y el voltímetro ; según los resultados obtenidos para I_{max} y V_{max}. Para lo anterior se emplean 3 resistencias codificadas entre 20 y 100 Ohm, ½ W.

Variando el voltaje de la fuente, entre los valores permitidos por los cálculos de seguridad ; elaborar una tabla de datos V vs I, para cada una de las resistencias R.

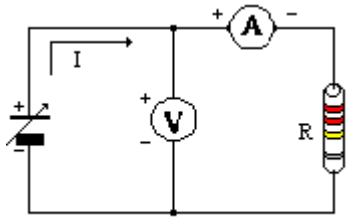


Figura 1. Circuito para la ley de Ohm.

7.5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

En una misma hoja y sistema coordenado, en papel milimetrado, graficar V vs f(I).

Hallar sus ecuaciones particulares con calculadora programable.

Comparando con la ley de Ohm. (si son óhmicos) determinar R en cada caso.

Por análisis dimensional determinar las unidades de R.

Comparar los valores de cada R por codificación y por el ohmímetro, con los valores obtenidos para cada R experimentales , halle el error porcentualmente en cada caso. Están dentro de las tolerancias permitidas ?

Que ocurrirá si sobrepasamos los valores máximos de voltaje, corriente y potencial ? Investigue.

7.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 27
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.21.

8. CIRCUITOS SERIE

8.1. OBJETIVOS

Hallar la resistencia equivalente de tres resistencias en serie. Comprobar si el comportamiento de este ordenamiento es óhmico. Capacitar al estudiante en el manejo del voltímetro, amperímetro y ohmímetro.

8.2. MARCO TEORICO

En el circuito de la figura 1, se presentan 3 resistores en serie, es factible utilizar un resistor equivalente (R_e) que substituya a todos los resistores.

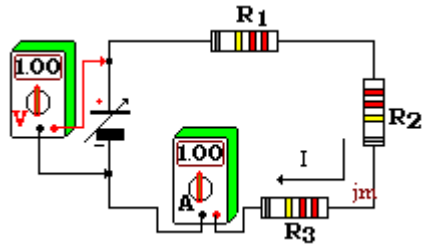


Figura 1. Circuito serie

Experimentalmente se encuentra que :

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + ... + R_n \qquad (1)$$

La corriente en cualquier parte del circuito de una sola malla, es la misma, lo cual equivale a :

$$I_1 = I_2 = I_3 = ... = I_n \qquad (2)$$

La ecuación (2) constituye la ley de la conservación de la carga.

Por otra parte el potencial que suministra la fuente, es igual a la suma de los potenciales que consumen los resistores. Ley de conservación de la energía.

Esto es :

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + ... + V_n \qquad (3)$$

Por la ley de Ohm :

$$V = IR_1 + IR_2 + IR_3 + ... + I_nR_n$$

que conduce a :

$$V = R_e I \qquad (4)$$

El manejo experimental de (4) nos permite calcular R_e.

8.3. MATERIALES A UTILIZAR

Una fuente (0-20 VDC), tres resistencias codificadas, un protoboard, dos multímetros.

8.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Elegir 3 resistores de valores conocidos. En lo posible entre 20 y 100 Ω, ½ W.
Hallar R_e teórico con la ayuda de la expresión (1).
Calcule las normas de seguridad que le permitan elegir las escalas y los voltajes apropiados.
Armar el circuito que muestra la figura 1.
Compruebe experimentalmente la expresiones (2) y (3), para ello mida la corriente y los voltajes en los puntos apropiados. Elija para ello un voltaje arbitrario dentro de las normas de seguridad.
Mida con el ohmímetro el valor de cada resistencia. Compare el valor con el código de colores, halle la tolerancia.

8.5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

Elaborando una tabla de datos dentro de los valores permitidos, realice la gráfica de V vs I, interprete la ecuación (4). De la ecuación particular, halle R_e con sus respectivas unidades. Es el comportamiento óhmico?
Halle el error porcentual entre R_e experimental y R_e teórico (R_e teórico más confiable). Corresponde éste valor a las tolerancias permitidas ?
Que concluye de los resultados obtenidos en la comprobación de las leyes de conservación.

8.6. BIBLIOGRAFIA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano.Bogotá. 1970.Capitulo 14.
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico. 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A.1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España.1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 27
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.21.

9. CIRCUITOS en PARALELO

9.1. OBJETIVOS:

Hallar la resistencia equivalente de tres resistencias en paralelo. Comprobar si el comportamiento de este ordenamiento es óhmico. Capacitar al estudiante en el manejo del voltímetro, amperímetro y ohmímetro, ver figura 1.

9.2. MARCO TEORICO

En una conexión de resistores en paralelo, la resistencia equivalente, R_e se obtiene así :

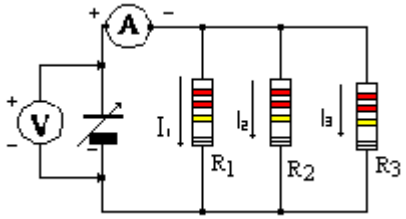


Figura1. Circuito paralelo

Experimentalmente se puede comprobar que para una corriente estacionaria :

$$1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \qquad (1)$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \qquad (2)$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \qquad (3)$$ conservación de la carga.

La expresión (3) se puede escribir como :

$V / R_e = V_1 / R_1 + V_2 / R_2 + V_3 / R_3 \Leftrightarrow V / R_e = V (1/ R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3)$

Cancelando V a ambos lados de la ecuación tenemos la ecuación (1).

La expresión (3) También se puede escribir como :

$I = V (1/ R_1 + 1 / R_2 + 1 / R_3) \Leftrightarrow I = (1/R_e)V \quad (4)$

La expresión (4) nos permite calcular R_e experimentalmente.

9.3. MATERIALES A UTILIZAR

Dos multímetros, una fuente (0-20VDC), tres resistencias o más, con valores entre 20 – 100 Ω y ½ W, un protoboard.

9.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Empleando resistores ($20 \leq R \leq 100$ Ω), armar el circuito de la figura 1.

Hallar la R_e en el circuito, que le permita definir adecuadamente las escalas de sus multímetros, empleando las normas de seguridad.

9.5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

En el circuito de la figura1, y con un voltaje dentro de las normas de seguridad, comprobar las ecuaciones (2) y (3).

Elaborar una tabla de datos I vs V graficar I vs f (V), halle su ecuación particular por regresiones, determine R_e experimental.

Con el ohmímetro medir el valor de cada resistencia dada para la práctica, comparar con el código de colores.

Compare R_e teórico obtenido con el ohmímetro con R_e experimental. Halle el error porcentual. Determine por análisis dimensional las unidades de R_e. Compruebe si este ordenamiento en paralelo es óhmico.

9.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 27
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.21.

10. CIRCUITOS MIXTOS

10.1. OBJETIVOS

Hallar la resistencia equivalente de tres resistencias en serie y en paralelo. Comprobar si el comportamiento de este ordenamiento es óhmico. Capacitar al estudiante en el manejo del voltímetro, amperímetro y ohmímetro.

10.2. MARCO TEORICO

En el circuito de la figura 1, se presentan 3 resistores 1 en serie y 2 en paralelo, es posible utilizar un resistor equivalente (R_e) que substituya a todos los resistores.

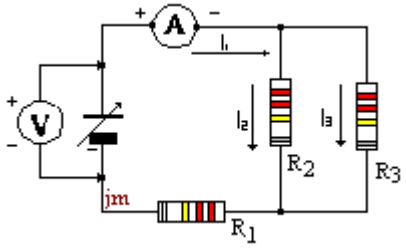


Figura 1. Circuito mixto

Experimentalmente se encuentra que :

$$R_e = R_1 + (R_a) \qquad (1)$$

Donde $$R_a = (R_2R_3)/(R_2+R_3) \qquad (2)$$

La corriente en el circuito es:

$$I = I_1 = I_2 + I_3 \qquad (3)$$

La ecuación (3) constituye la ley de la conservación de la carga.

Por otra parte el potencial que suministra la fuente, es igual a la suma de los potenciales que consumen los resistores.

Esto es :

$$V = V_1 + Va = V_1 + (V_2 = V_3) \qquad (4)$$

$$V = I_1R_1 + (I_2R_2 = I_3R_3)$$

10.3. MATERIALES A UTILIZAR

Dos multímetros, una fuente (0-20 VDC), tres resistencias codificadas con valores diferentes, un protoboard.

10.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Elegir 3 resistores de valores conocidos. En lo posible entre 20 y 100 Ω, 1/2W.
Hallar R_e teórico con la ayuda de la expresión (1).
Calcular las normas de seguridad para la práctica
Armar el circuito que muestra la figura 1.
Compruebe experimentalmente la expresión (2), para ello mida la corriente en los puntos apropiados. Elija para ello un voltaje arbitrario entre 1 y 10V.
Compruebe experimentalmente la ley de la conservación de la energía :

$$V = V_1 + V_a$$

Con el ohmímetro, medir el valor de las resistencias, compararlo con el código de colores.

10.5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

Con el amperímetro y el voltímetro, colocados en los puntos apropiados, halle:
V_1, V_2, V_3, I_1, I_2, I_3. Compruebe las ecuaciones (3) y (4), están los resultados de acuerdo con los anteriores experimentos, investigue sobre divisores de corriente y de voltaje.
Que concluye de los resultados obtenidos en la comprobación de las leyes de conservación.

10.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulos 14,16..

HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.

HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 6.

PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A.1988.Capitulo 4.

SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España.1966. Capítulo 28.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 27.

TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.21.

11. PUENTE DE WHEATSTONE

11.1. OBJETIVO: Por medio del puente de Wheatstone determinar el valor de resistencias desconocidas con buena precisión.

11.2. MARCO TEORICO

La figura siguiente, ilustra un circuito puente de Wheatstone, (Charles Wheatstone, físico Inglés), ideó el circuito eléctrico con el objeto de medir resistencias eléctricas rápido y con bastante precisión. Se busca la condición para que no pase corriente por el galvanómetro, cerrando los interruptores Sg y Sb y colocando cuatro resistencias R_1, R_2, R_3 variables y, una desconocida (R_X), ver figura 1.

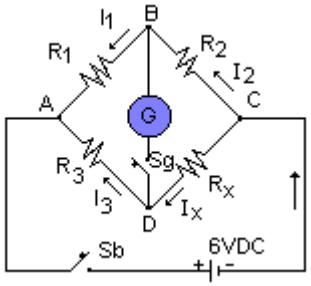


Figura 1. Puente de Wheatstone

Si los puntos B y D están al mismo potencial, cerrando el interruptor S_g, se cumple que :

$$V_{BA} = V_{DA} \qquad (1)$$
$$I_1 R_1 = I_3 R_3$$

$$V_{BC} = V_{DC} \qquad (2)$$
$$I_2 R_2 = I_x R_x$$

Como la intensidad de la corriente en el galvanómetro G, es nula tenemos que:

$$I_1 = I_2 \qquad (3)$$

$$I_3 = I_x \qquad (4)$$

Reemplazando las ecuaciones anteriores, obtenemos :

$$R_x = R_3 (R_2 / R_1) \qquad (5)$$

Donde R_x es la resistencia desconocida. Como galvanómetro utilizamos uno de los voltímetros digitales, la condición se ajusta cuando $V_{BD} = 0$.
Se pueden emplear combinaciones entre resistencias fijas y variables, Se recomienda hacer $(R_2 / R_1) = 1$

11. 3. MATERIALES A UTILIZAR

Tres resistencias: dos de igual valor, $R_1 = R_2$, R_3 diferente, 1 potenciómetro (0 – 10 KΩ), el que hará de resistencia a medir Rx, dos multímetros, un protoboard, una fuente (0-20 VDC).

11.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Seleccione resistencias variables o fijas entre 0 y 500 Ω. Armar el circuito con el interruptor S_g en posición abierto, para un voltaje entre 5 y 10 VCD, determine teórica y experimentalmente la corriente del circuito.
Determine experimentalmente I_1, I_2, I_3, I_x
Ajuste los valores de R_1, R_2, R_3 hasta hallar la condición puente de Wheatstone, bajo estas condiciones compruebe las ecuaciones (1), (2), (3) y (4).
Determine el valor R_x, por la ecuación (5), Desarme el circuito, mida con el Ohmímetro el valor de R_x, compare los valores obtenidos. Qué concluye con respecto a la precisión del cálculo experimental de R_x?.
Coloque el galvanómetro en el circuito cerrando el interruptor Sg, use en el mismo una escala de corriente grande y vaya disminuyéndola ; simultáneamente haga los ajustes en R_1, R_2, R_3 para que logre en el galvanómetro lectura cero.
Compruebe la validez de la ecuación puente de Wheatstone, teóricamente (5).

11.5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

Se podría utilizar R_x fija desde un comienzo? Justifique
Podrían ser todas las resistencias fijas? Justifique
Diseñe y construya un puente de Wheatstone extra clase. Como fuente use una pila comercial. Investigue otras aplicaciones del puente de Wheatstone.

11.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 27
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.21.

12. RESISTIVIDAD Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICAS

12.1. OBJETIVOS: Mediante el empleo de montajes sencillos, determinar experimentalmente la resistividad y conductividad de diferentes alambres, manteniendo la temperatura constante.

12.2. MARCO TEORICO

La resistencia eléctrica de un conductor depende de su geometría y la clase de materia del conductor. La resistencia eléctrica es una variable macroscópica. La dependencia de la resistencia, del tipo de material que forma al conductor, se representa por un factor de proporcionalidad denominado resistividad del material. La resistividad eléctrica es una variable microscópica. La relación de parámetros geométricos entre la resistencia y la resistividad son:

$$\rho = (R\,A)/L = E/j = (V/L)/(I/A) \qquad (1)$$

donde : R = Resistencia eléctrica
L = Longitud del conductor
A = Area sección transversal
ρ = Resistividad eléctrica.

La resistividad de la mayor parte de los conductores metálicos varía casi linealmente con la temperatura (Comportamiento óhmico).

La densidad de corriente en cada punto de un conductor depende del campo eléctrico que exista en ese punto y de la temperatura.

Esta dependencia se expresa en función de una propiedad del material denominada conductividad eléctrica**.** La conductividad es una medida de como un material permite que los portadores de carga fluyan a través de él. La conductividad es el inverso de la resistividad.

$$\sigma = 1/\rho \qquad (2)$$

Tabla 1. Propiedades de algunos metales conductores.

	Resistividad a 20 ^{o}C Ohm-m	**Coeficiente de Temperatura para la resistividad $\propto$, por C^{o}**	**Densidad g/cm^3**	**Punto de fusión C^{o}**
Aluminio	2.8×10^{-8}	3.9×10^{-3}	2.7	659
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}	8.9	1080
Carbono Amorfo	3.5×10^{-5}	-5×10^{-4}	1.9	3500
Hierro	1.0×10^{-7}	5.0×10^{-3}	7.8	1530
Manganina	4.4×10^{-7}	1×10^{-5}	8.4	910
Níquel	7.8×10^{-8}	6×10^{-3}	8.9	1450
Plata	1.6×10^{-8}	3.8×10^{-3}	10.5	960
Acero	1.8×10^{-7}	3×10^{-3}	7.7	1510
Volframio (Tungsteno)	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}	19	3400

Donde: $\propto = 1/\rho \, . \, d\rho/dT$, es la fracción que cambia la resistividad ($d\rho/dT$) por unidad de cambio de temperatura. La resistividad varía con la temperatura, los valores que aquí se consignan son para 20^{o}C. Para el cobre ($\propto = 3.9 \times 10^{-3}/^{o}$C), la resistividad aumenta en 0.39 x 100% para un aumento de temperatura de 1^{o}C cerca de 20^{o}C. Nótese que $\propto$ para el carbón es negativa, o sea que la resistividad disminuye al aumentar la temperatura. Los alambres que empleamos son de konstantan (Cu 55; Ni 44;Mn 1%) su resistividad teórica es de 4.8×10^{-8} Ohm-m a 20 ^{o}C .

12.3. MATERIALES A UTILIZAR

Módulo de resistividad (figura 1), dos multímetros, un tornillo micrométrico, una regla en centímetros, una fuente (0-20 VDC).

12.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Empleando el módulo de Resistividad, figura 1, elegir un hilo. Determinar con la ayuda de un tornillo micrométrico el área de la sección transversal.

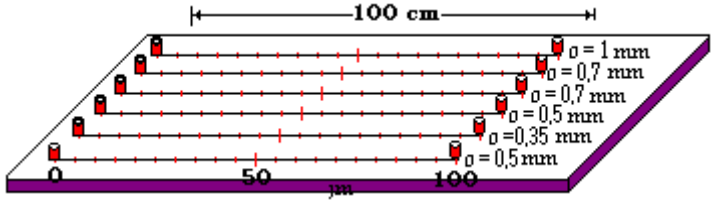


Figura 1. Módulo de resistividad.

Con un ohmímetro digital ; hacer una tabla de datos R vs L. proceder con otros hilos y elaborar tablas de datos semejantes.

12. 5. CALCULOS Y ANALISIS DE DATOS

En un mismo sistema coordenado, trazar los gráficos R vs f (L).
Halle por regresiones las respectivas ecuaciones particulares. Comparando con el modelo matemático, derivado de la ecuación (1), determinar la resistividad y la conductividad de cada hilo.
Determine las unidades de las cantidades halladas experimentalmente. Consultando la tabla 1, de resistividad. De qué material están constituídos los alambres?.
En un mismo gráfico V vs I, realice 6 gráficas una para cada valor de L, halle la pendiente de cada una, grafique las pendientes obtenidas en función de L, halle la pendiente (solo una), esta pendiente es ρ/A?. Traer para la práctica una cuerda de guitarra metálica.

12. 6. BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 27
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.22 y 23.

13. UNA APLICACIÓN DE LA LEY DE OHM EN CALCULO DE RESISTIVIDADES, MODELO DE 3 VARIABLES.

13.1. OBJETIVO

Empleando la ley de Ohm, es posible tener otra alternativa para determinar la resistividad y la conductividad de un material.

13. 2. FUNDAMENTO TEORICO

En ésta experiencia, el análisis de datos lo hacemos por medio de un tratamiento de correlaciones en sus variables. El planteamiento general es:
En un experimento en tres variables x, y, z, las podemos correlacionar (combinar) de diferentes formas y obtener un modelo matemático particular, según el interés del experimentador. Un caso puede ser el siguiente :

$z \rightarrow f(y)$ en un gráfico con $x = cte$.

Si el comportamiento es lineal o no lineal (en cuyo caso debemos linealizar) se obtiene :

$$f(z) = a + b\, g(y) \qquad (1)$$

Cuando se requiere linealizar es para estar seguros en la determinación de a y b.
ahora expresamos a y b en función de x y para ello graficamos :

$$a \rightarrow h(x) \qquad (2)$$

$$b \rightarrow \phi(x) \qquad (3)$$

reemplazamos en (1) habiendo determinado por regresiones las formas explícitas de a y b ; llegamos a una expresión del tipo :

$$f(z) = h(x) + \phi(x)\, g(y) \qquad (4)$$

Un ejemplo típico del caso anterior es la determinación de la resistividad y la conductividad por la ley de Ohm.

$$V = RI \qquad (5)$$

Ley de ohm.

$$R = \rho\, L/A \qquad (6)$$

Combinando las expresiones anteriores :

$$V = \rho\, LI/A \quad \Leftrightarrow \quad V = k\, I\, L \qquad (7)$$

Las tres variables son entonces : V, I, L.

13. 3. MATERIALES A UTILIZAR

Módulo de resistividad de la experiencia anterior, dos multímetros, un tornillo micrométrico, una escala graduada en centímetros, una fuente (0-20 VDC).

13.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Empleando el módulo de resistividad, del experimento anterior, realizar: Empezando con una longitud de 20 cm. en el hilo y aumentando 10 cm. en cada caso, elaborar una tabla de datos V vs I para cada longitud, llene la tabla 1. Use voltajes bajos (0 a 3 VDC). Llene la tabla de datos rápidamente con el fin de evitar el aumento de temperatura.
En la primera longitud proceda rápidamente. Repita para dos hilos diferentes (dos tablas).

13.5. ANALISIS DE DATOS

Represente en papel milimetrado V vs I manteniendo L = constante.
Elabore todos los gráficos de cada hilo en un mismo sistema coordenado. Por regresiones determine la forma explícita de (1).
Elabore gráficos y ajustes apropiados para determinar la forma explícita de las ecuaciones (2), (3).
Con los resultados anteriores, determine la ecuación particular de (4).
Determine la resistividad ρ y la conductividad σ, indique la forma utilizada.
Son los conductores ohmicos ?. Porque no pueden emplearse corrientes altas. Investigue para justificar su respuesta.

Tabla 1. Variación de la resistividad de cada alambre en función de la longitud del Mismo, para cada valor de ϕ.

Longitud (cm)	Relación I vs V						
20	I						
	V						
30	I						
	V						
40	I						
	V						
50	I						
	V						
60	I						
	V						
70	I						
	V						

Este modelo se utiliza en la medición de resistividad de rocas, que se caracterizan por una gran resistencia eléctrica, en cuyo caso el circuito se complementa con un amplificador de señal.

13.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

BOLIVAR. S y GÓMEZ G. Análisis de varias variables**.** Manual para el módulo de Mecánica. Escuela de Física UPTC. 1996.

14. LEYES DE KIRCHHOFF

14.1. OBJETIVOS.

Comprobar las leyes de Kirchhoff. Ley de conservación de la carga y ley de conservación de la energía. Aprender a armar un circuito eléctrico con varias mallas y medir en él corrientes y voltajes.

14.2. MARCO TEÓRICO

14.2.1. Circuito Eléctrico. Un circuito eléctrico es una combinación de conductores (alambres), fuentes, resistencias, condensadores, bobinas tal como lo ilustra la figura 1.

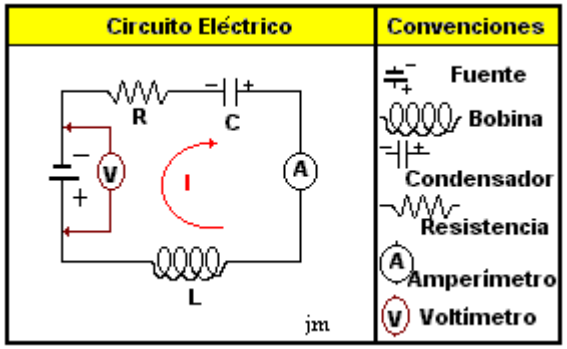


Figura 1. Circuito eléctrico general

Si el circuito está formado por dos o más mallas como el de la figura 2, y se conoce el valor de las resistencias y de las fuentes, por las leyes de Kirchhoff, podemos averiguar las corrientes que circulan por el circuito teórica y experimentalmente y por lo tanto podremos hacer un balance entre la potencia suministrada por las fuentes y la potencia disipada por las resistencias

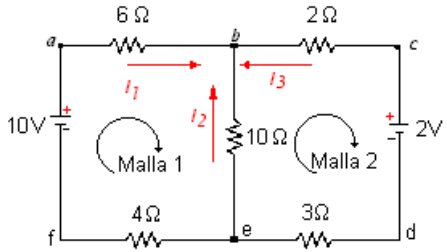


Figura 2. Circuito eléctrico para el estudio de las leyes de Kirchhoff.

14.2.2. Leyes de Kirchhoff: Una red eléctrica es un circuito complejo que consta de cierto número de trayectorias cerradas de corrientes o mallas y determinado número de fuentes. Un procedimiento más directo para analizar circuitos de este tipo fue desarrollado en el siglo XIX por Gustav Kirchhoff, un científico alemán. Su método comprende la aplicación de dos leyes. La primera es:

" LA SUMA DE LAS CORRIENTES QUE ENTRAN A UN NODO ES IGUAL A LA SUMA DE LAS CORRIENTES QUE SALEN DEL MISMO NODO ".

$$\Sigma_i I_{entran} = \Sigma_i I_{salen.} \qquad (1)$$

segunda ley:

" LA SUMA DE LAS DIFERENCIAS DE POTENCIAL ALREDEDOR DE CUALQUIER MALLA ES IGUAL A CERO".

$$\Sigma V_i = \Sigma I_i R_i = 0 \qquad (2)$$

Un nodo se refiere a cualquier punto en el circuito donde tres o más alambres se unen como los puntos (b) y (e) de la figura 2. La primera ley simplemente establece que la carga debe fluir en forma continua; la carga no puede acumularse en el nodo.

La segunda ley es la ley de la conservación de la energía. Si se comienza en cualquier punto en un circuito y se sigue alrededor de cualquier trayectoria cerrada de corriente o malla, la energía disipada por los resistores debe de ser igual a la energía suministrada por las fuentes.

Asi: la ecuación para la corriente en el nodo (b) es :

$$i_1 + i_2 + i_3 = 0 \qquad (3)$$

Si se aplica la segunda ley de Kirchhoff a cada malla, habrá una ecuación para cada malla:

Malla 1: $(V_a-V_b) + (V_b-V_e) + (V_e-V_f) + (V_f-V_a) = 0$

$$10\, i_1 + 0\, i_2 - 10\, i_3 = 10 \qquad (4)$$

Malla 2: $(V_b-V_c) + (V_c-V_d) + (V_d-V_e) + (V_e-V_b) = 0$

$$0\, i_1 - 5\, i_2 + 10\, i_3 = -2 \qquad (5)$$

Las ecuaciones 3, 4 y 5, permiten obtener un grupo de tres ecuaciones simultáneas, su solución se realiza por sustitución o por determinantes:

$$\begin{aligned} 1\, i_1 + 1\, i_2 + 1\, i_3 &= 0 \\ 10\, i_1 + 0\, i_2 - 10\, i_3 &= 10 \\ 0\, i_1 - 5\, i_2 + 10\, i_3 &= -2 \end{aligned}$$

las soluciones dan el valor de las corrientes así:

$i_1 = 0{,}65$ A; $i_2 = -0{,}3$ A ; $i_3 = -0.35$ A.

.

14.3. MATERIALES A UTILIZAR

Dos multímetros, dos fuentes (0-20VDC), protoboard, 5 resistencias con valor diferente, (20 – 200 Ω), ½ W, usar puentes para las conexiones del amperímetro.

14.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

Armar en el protoboard el circuito de la figura 2, con los valores dados por el profesor de las resistencias y de las fuentes. Halle la solución teórica del circuito, esto es las corrientes que circulan por cada elemento del circuito.
Con el amperímetro, medir el valor de las corrientes i_1, i_2, e i_3, en diferentes puntos.
Con el voltímetro en su escala apropiada medir las diferencias de potencial dados por las ecuaciones (4) y (5).

14.5. CALCULOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Comprobar con estos valores el balance de Energías y por lo tanto las leyes de Kirchhoff. Repita el procedimiento para otros valores de resistencias y de voltajes. Compare los resultados teóricos con los experimentales en cada punto. Justifique fisicamente las diferencias existentes.

14.6. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 14,16..
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 32-33.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 6.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 4.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 28.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 28
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.22 y 23

EXPERIENCIAS DE OBSERVACION SOBRE: MAGNETISMO Y ELECTROMAGNETISMO

15. CAMPOS MAGNETICOS PRODUCIDOS POR IMANES Y CAMPOS MAGNETICOS PRODUCIDOS POR CORRIENTES

15.1. OBJETIVOS.

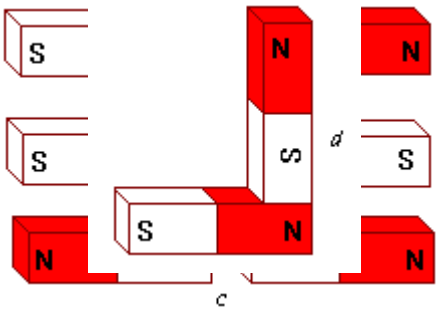
Analizar los campos magnéticos producidos por imanes y los producidos por corrientes.

15.2. MARCO TEORICO

El magnetismo (fuerza atractiva o repulsiva de un imán), fue conocido por los griegos debido a una piedra de la región de magnesia (siglo II A.C), llamada magnetita (óxido de hierro Fe_3O_4) que tenía la propiedad de atraer los cuerpos metálicos. En 1600, William Gilbert planteó el hecho de que la tierra era un imán gigante con el polo Norte en el sur geográfico y el polo Sur en el polo norte geográfico. Pero fue Hans Cristian Oersted (1770-1851), un profesor Danés, quién sentó las bases del magnetismo al descubrir que una corriente eléctrica podía producir un efecto magnético, es decir relacionó la electricidad con el magnetismo.

15.3. MATERIALES A UTILIZAR

- Imanes rectos y en herradura
- Placa de vidrio
- Limaduras de hierro
- Brújulas
- Electroimanes
- Fuentes de CC y CA
- Conductores rectilíneos
- Espiras de corriente
- Solenoides (Bobinas con diferente número de espiras)
- Galvanómetros.



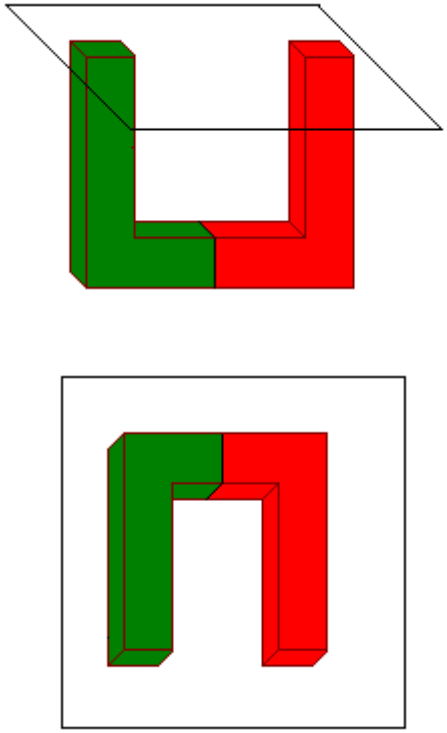


Figura 1. Diferentes configuraciones de imanes rectos y de herradura para observar las líneas de campo magnético.

15.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

15.4.1. Campos Magnéticos producidos por imanes Con la ayuda de imanes de diferente forma (rectos o de herraduras), observar las líneas de campo magnético, ver figura 1. Colocar sobre los imanes una placa de vidrio y esparcir sobre ella limaduras de hierro. Analizar las diferentes configuraciones. Usar gráficos para describir lo observado. Cómo es la intensidad del campo magnético donde se concentran mayor número de líneas de campo?.

15.4.2. Electroimán. Repetir el experimento con el electroimán dado para la práctica ver figura 2. Repita el experimento con corriente alterna (0-20 ACV), que observa con las limaduras de hierro?. Explique lo observado, compárelo con el comportamiento de las limaduras de hierro cuando se conecta a la DCV? .

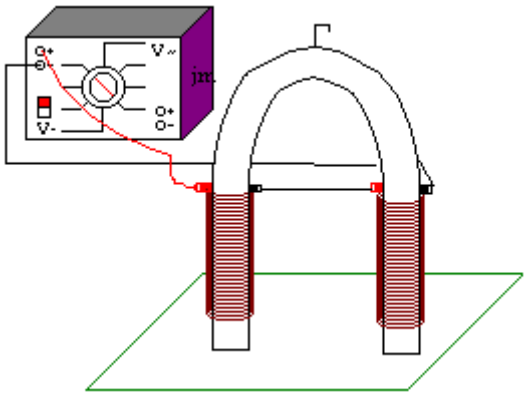
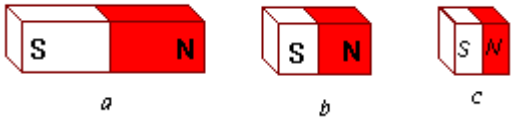


Figura 2. Electroimán

15.4.3. Monopolos magnéticos: Al dividir un imán aparece de nuevo otro imán con las mismas características del original, imante una aguja, divídala por la mitad, que observa, repita el procedimiento hasta obtener la menor posible que observa, se pueden obtener monopolos magnéticos, explique ver figura 3.

Figura 3. Partición de un imán para hallar monopolos magnéticos



15.4.4. La brújula. Es una aguja imantada. La tierra también es un imán gigante, al interactuar el campo magnético de la tierra con el campo magnético de la brújula (aguja imantada), ésta se orienta de una manera específica, no importa las posiciones relativas que se tomen para la brújula, la brújula sirve como imán de prueba.

Proceder para diferentes posiciones relativas dentro del salón. Señalar en un gráfico la interacción entre los dos campos ver figura 4.

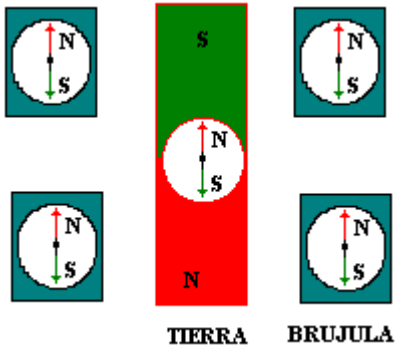


Figura 4. Simulación de la interacción imán tierra con el imán brújula.

15.4.5. Interacción campo magnético de un imán recto, con el campo magnético de la brújula y el campo magnético de la tierra. Si la magnitud del campo magnético de la tierra es de aproximadamente 0,5 Gauss, si el campo magnético de un imán recto es de aproximadamnete 50 Gauss. (1Tesla = 10^4 Gauss), calcule por método vectorial la magnitud del campo magnético de una brújula. Ver figura 5.

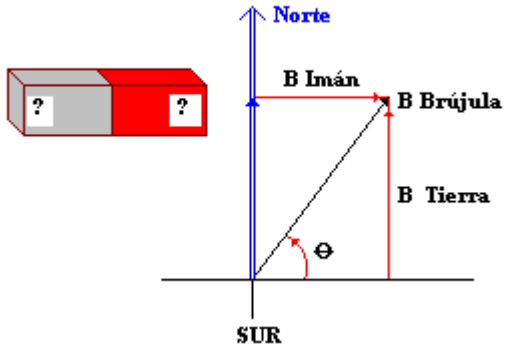


Figura 5. Interacción de campos magnéticos

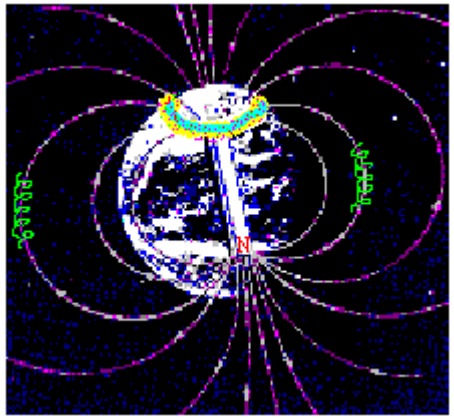


Figura 6. La tierra como un imán gigante

15.4.6. La tierra como un gran imán. En la figura 6, también se muestran las líneas de campo magnético, cuando las partículas cargadas provenientes del sol interactúan con las líneas de campo formando los cinturones de Van Allen y las auroras boreales. (Ver Scientific American , Mayo de 1989.)

15.4.7. Campo magnético producido por un solenoide. Con el descubrimiento de Oersted, de que corrientes eléctricas producen campos magnéticos, realizar el siguiente montaje y repetir el numeral anterior reemplazando el imán recto por un electroimán o solenoide. Cambiar la polaridad de la fuente y repetir la experiencia. Sacar conclusiones de las dos observaciones, ver figura 7.

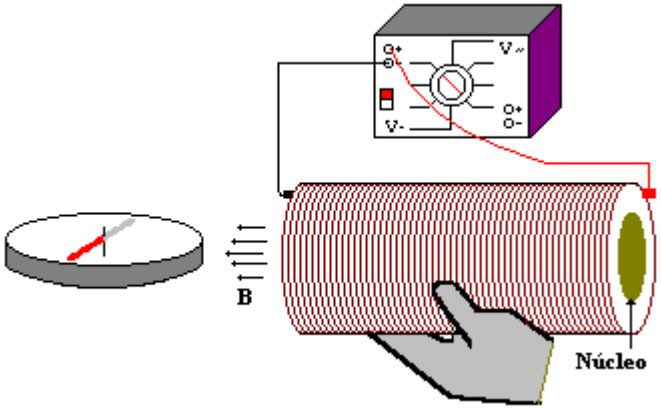


Figura 7. Electroimán

16. CAMPO MAGNETICO PRODUCIDO POR CORRIENTES

16.1. OBJETIVOS.

Demostrar como se producen campos magnéticos por medio de corrientes, aplicando las leyes de Ampére y de Biot – Savart.

16.2. MARCO TEORICO

Los fundamentos teóricos y las justificaciones matemáticas para el desarrollo de las experiencias corresponden a los textos utilizados en la bibliografía al final de este laboratorio, consultar antes de la experiencia.

16.3. MATERIAL A UTILIZAR

Conductores rectos, conductores circulares, brújulas , solenoides, electroimanes, imanes de herradura, espiras sencillas, fuente (0-20 VDC).

16.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

16.4.1. Campos magnéticos producidos por conductores rectilíneos y circulares. Con los montajes de la figura 8: cable conductor rectilíneo, sistema de espira circular y brújula, haga circular una corriente I con una fuente de $0 \rightarrow 10$ (VDC), observar y describir el campo magnético de las corrientes que circulan con la ayuda de la brújula.

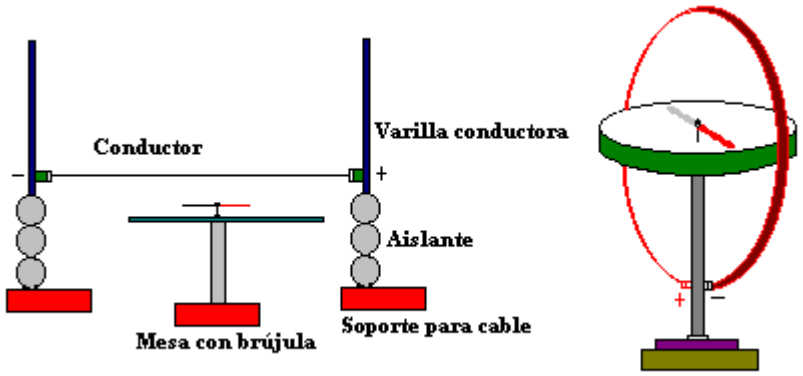


Figura 8. Campo magnético producido por un conductor rectilíneo y uno circular

16.4.2. Campo magnético producido por un solenoide.Un conjunto de espiras circulares pueden configurar un solenoide, ver figura 9. Analizar el comportamiento del solenoide cuando pasamos por el una corriente (ADC). Emplear voltajes pequeños. Con una brújula comprobar que un solenoide se comporta como un imán recto. Demostrar que el campo magnético en el punto P, centro del solenoide es: $B = \mu_o NI$. Observe el campo en puntos exteriores al solenoide.

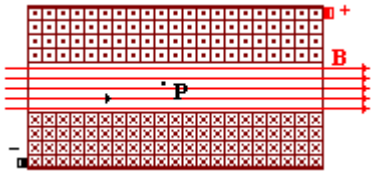


Figura 9. Solenoide, corte transversal.

16.4.3. Fuerza magnética entre conductores rectos.. Para el montaje de la figura 10, observar con la ayuda de la brújula la dirección del campo magnético **B**, Realice diagramas vectoriales para hallar el vector $\mathbf{F}_{mag}$, emplear una fuente de (0-15 DCV), por tiempos cortos pues el alambre se calienta.

Identificar la aplicación de la ley de Ampère, justificar la respuesta gràfica y analíticamente.

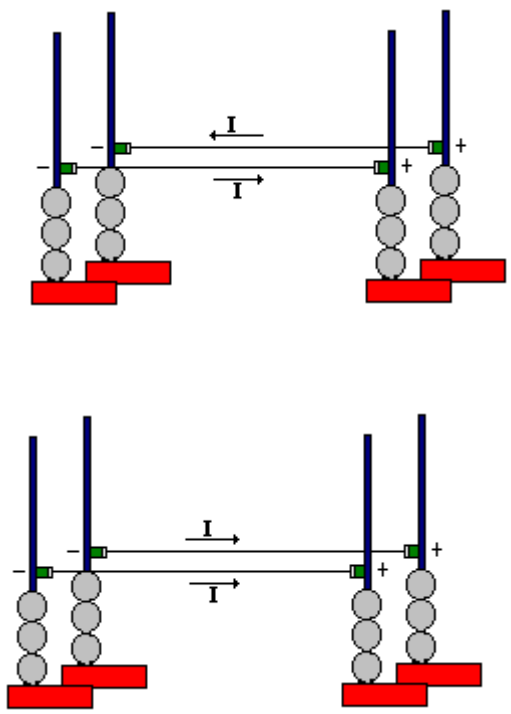


Figura 10. Fuerza magnética entre conductores rectilíneos

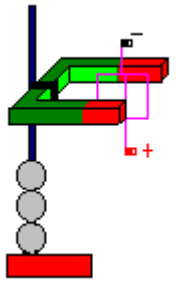


Figura 11. Espira en un campo magnético, cálculo del torque o torsión

16.4.4. Fuerza de torsión sobre una espira en un campo magnético. Observar el comportamiento de una espira por la cuál se hace pasar una corriente de (0-2 ADC),en la presencia de un campo magnético uniforme . Emplear un imán en forma de U. Emplear la regla de la mano derecha para interpretar la torsión, ver figura 11. Repita el experimento cambiando la polaridad de la espira que observa?. Hacia que lado rota la espira?. Realice los gráficos correspondientes.

16.4.5. Cálculo de una fuerza magnética. Después de calcular el campo magnético en el centro de un solenoide, con una corriente de 1-2 Amperios, calcular la fuerza magnético sobre una espira ver figura 12.

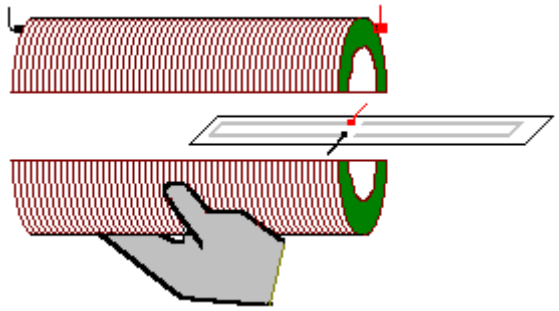


Figura 11. Manera de calcular un campo magnético

Variando la corriente que circula por la bobina realice varios cálculos de la fuerza equilibrando con pedazos de hilos en el otro extremo, el circuito eléctrico es:

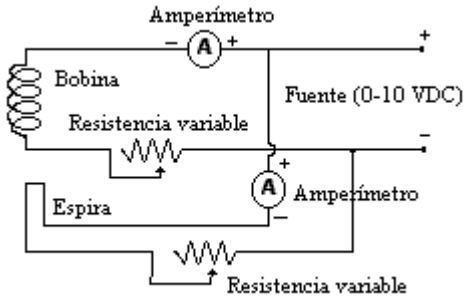


Figura 12. Circuito eléctrico para calcular la Fuerza magnética sobre una espira.

16.5. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano.Bogotá. 1970.Capitulo 15.

HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 34-35.

HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 8 y 9.

PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 5 y 6.

SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 30 y 31.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 29 y 30

TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.24.

11. LEY DE INDUCCION DE FARADAY.

11.1 OBJETIVOS.

Demostrar la ley de inducción de Faraday, y con montajes sencillos demostrar la validez de la ley de Lenz.

11.2 MARCO TEORICO

Cuando ocurre un cambio en un campo magnético que pasa a través del área encerrada por un solenoide, se ocasiona que fluya una corriente momentáneamente en el solenoide. El campo magnético cambiante provoca una fuente de fem en la bobina, esta fem la llamamos fem inducida, ver figuras de 1 a 4. Michael Faraday fue el primero en demostrar que la fem inducida que aparece en una bobina de alambre que contiene N espiras es: $\varepsilon = -N d\phi/dt$, donde ϕ es el flujo magnético que atraviesa las espiras de la bobina y es igual $\phi = \int \mathbf{B}.d\mathbf{A}$. Un cambio en el flujo a través de una espira, inducirá una fem en la espira (ley de Faraday). La dirección de la corriente producida por la fem inducida será tal que el flujo generado por la corriente vendrá a balancear el cambio original en el flujo a través de la espira (ley de Lenz). El signo negativo en la ecuación anterior indica que la dirección de la fem inducida es tal que detiene el cambio del flujo. Esto es consecuencia de la ley de conservación de la energía.

17.3. MATERIALES A UTILIZAR

Galvanómetro de bobina móvil o multímetro digital, imán recto, electroimán que pueda entrar en la bobina, fuente (0-20VDC), juego de bobinas.

17.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

17.4.1. Ley de Faraday. Con el montaje de las figuras 1-4 realizar el procedimiento de mover el imán o el electroimán como se indica, cambie la polaridad del imán y del electroimán , para cada movimiento por Ud. realizado haga un gráfico explicando lo observado, respecto al flujo magnético, indique como se está cumpliendo la ley de Faraday, indique como se cumple la ley de Lenz.

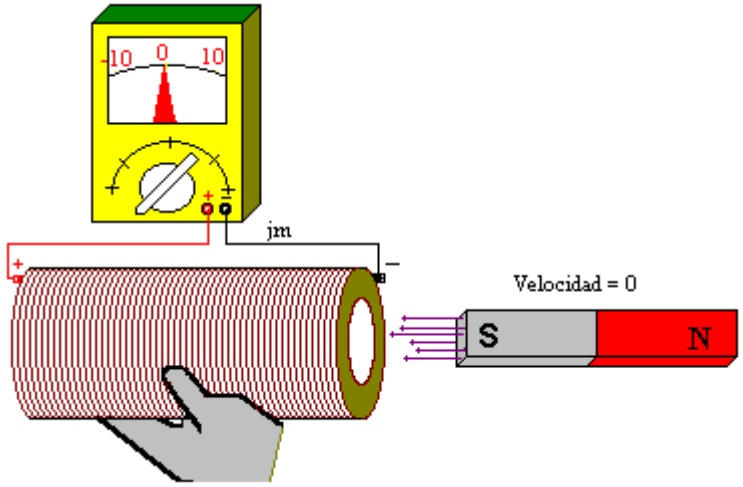


Figura 1. Bobina e imán en posición quietos, galvanómetro en cero

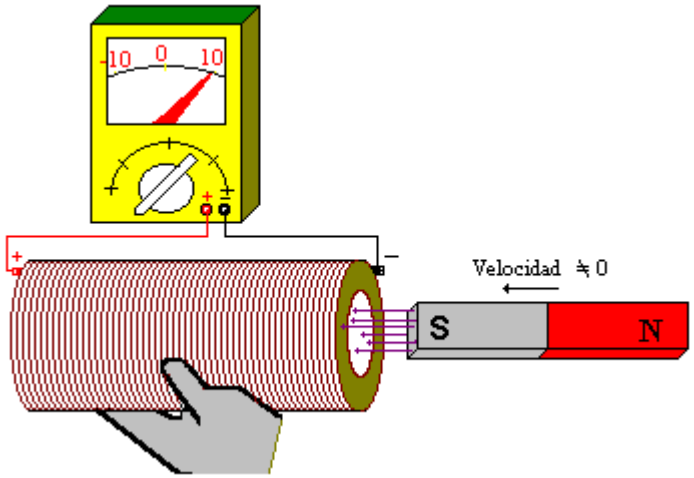


Figura 2. Bobina quieta, imán en movimiento hacia la izquierda, galvanómetro diferente de cero

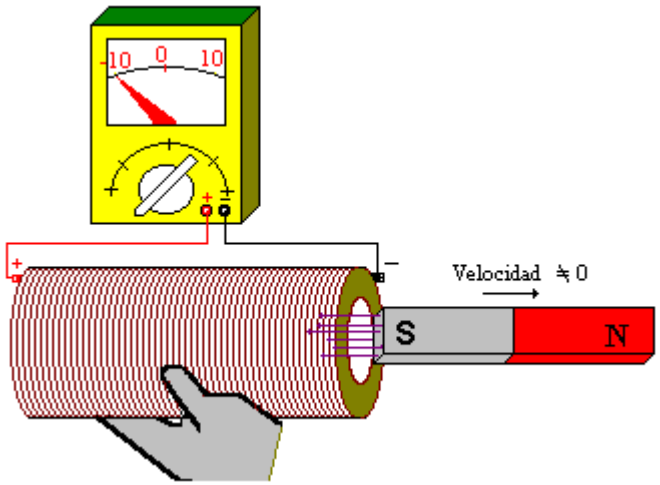


Figura 3. Bobina quieta, imán en movimiento hacia la derecha, galvanómetro diferente de cero

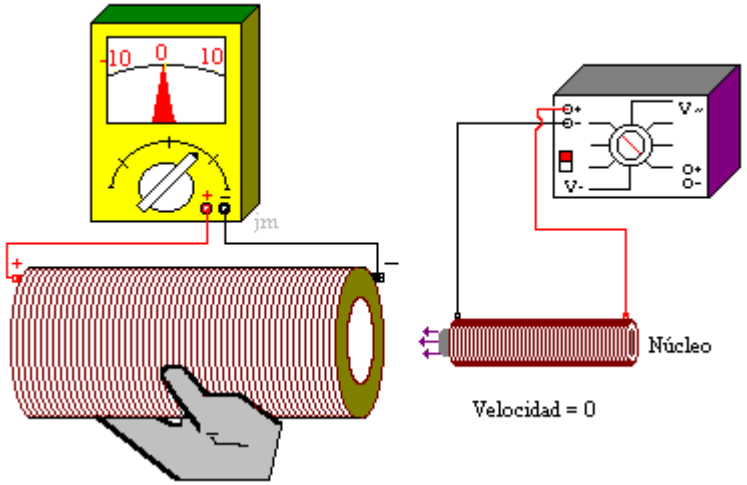


Figura 4. Bobina quieta, electroimán quieto, galvanómetro en cero

17.4.2. Ley de Faraday con electroimán. Repetir el experimento dejando quieto el imán y el electroimán, mover la bobina, que observa en el galvanómetro?, realizar dibujos de cada movimiento , demostrar las leyes de Faraday y de Lenz.

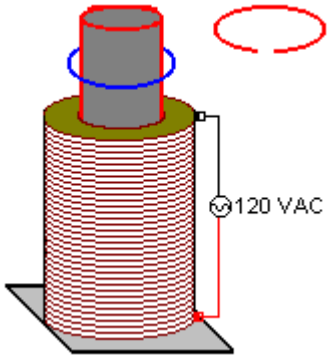


Figura 5. Levitación magnética

Cuando se hace pasar una corriente AC por la bobina (1200 vueltas), se genera en ella una corriente , el anillo metálico colocado en el núcleo de hierro, salta hacia arriba, ver figura 5. Explique el porqué, realice gráficas, Cambie el anillo por uno roto, qué observa?. Cambie la fuente continua por corriente alterna de la red, qué observa.

17.5. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 15.

HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México.1994. Capítulo 36.

HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico 1996. Capítulo 10.

PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 7.

SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 32.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 31.

TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.25.

12. MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA Y ALTERNA

18.1. OBJETIVOS.

Mostrar el funcionamiento de un motor de CD y uno de CA, explicar su funcionamiento, construir uno elemental.

18.2. MARCO TEORICO.

18.2.1. Motor de corriente continua

La ley de Faraday ofrece la posibilidad de un movimiento mecánico continuo producido por fuerzas magnéticas, un motor DC utiliza el par de una bobina que lleva corriente en un campo magnético para realizar trabajo. Si la corriente en la bobina rotatoria permanece en la misma dirección, el par en ella invertirá el sentido justo cuando el plano de la bobina pasa el plano entrecortado de la figura 1a. Para solucionar este problema se utiliza un aparato conocido como conmutador, ver figura 1b, consta de dos mitades de anillos eléctricamente conectadas a la bobina, invierte el sentido de la corriente en el momento adecuado, después de cada media revolución. La corriente entra y sale de la bobina por dos contactos de escobillas que se deslizan en el conmutador.

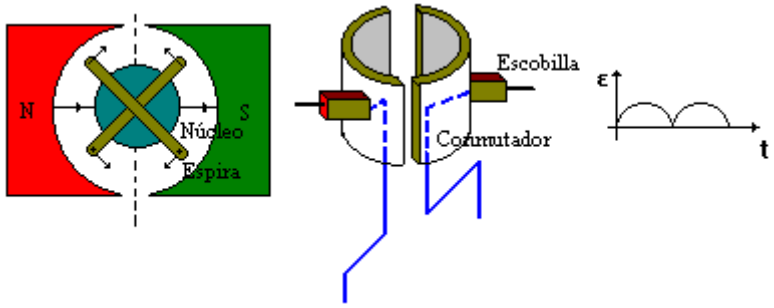


Figura 1 a) Motor DC, b) Conmutador c) Forma de la onda

18.2.2. Motor de corriente alterna.

La figura 2, muestra el principio de un generador de corriente alterna, consta de una bobina con N vueltas que rotan con velocidad angular ω en un campo magnético uniforme externo. Si suponemos que $\theta = 0$ en el tiempo $t = 0$, entonces $\theta = \omega t$ y el flujo magnético es $\phi = BA\cos(\omega t)$, la fem inducida es $NAB\omega\,\mathrm{sen}(\omega t)$, la cual también se pued escribir como: $V = V_o\,\mathrm{sen}(\omega t)$. Mientras la bobina gira, la fem varía sinusoidalmente,alternando en signo, con una amplitud o valor pico de $V_o = NAB\omega$. Nótese que el voltaje pico ocurre en el instante cuando el flujo a través de la bobina es cero.

En la figura 2. Se muestra que la corriente generada es alimentada a un circuito externo por escobillas que se deslizan en los dos aros deslizantes.

18.3. MATERIALES A UTILIZAR

Un motor de corriente continua desarmable, un motor de corriente alterna desarmable, una fuente (0-20VDC). Una fuente (0-20 VAC), un bombillo de linterna con su soket.

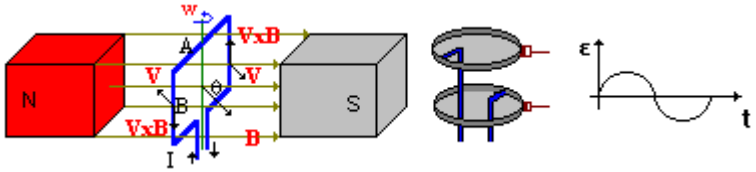


Figura 2. Generador elemental de corriente alterna y forma de la onda

18.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la práctica se presentan dos motores uno de corriente continua y otro de corriente alterna, obsérvelos detenidamente, realice los dibujo correspondientes, hágalos funcionar, cambie la polaridad qué observa, Que diferencias encuentra entre un motor y un generador?.

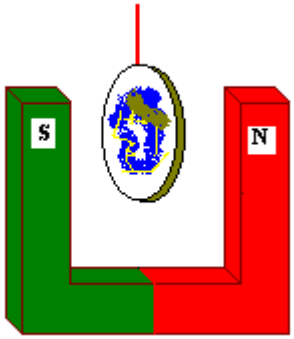


Figura3. Corrientes de Eddy (corrientes parásitas)

Halle el momento o torque de la fuerza debido a las corrientes inducidas como función del ángulo θ, Investigue sobre las corrientes de inducción.

18.5. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 15.
HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 36.
HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. Mexico. 1996. Capítulo 10.
PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 7.
SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 32.
SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 30.
TIPLER. Paul. Física. Volumen 2. Editorial Reverté. España.1994. Cap.26.

13. TRANSFORMADORES

19.1. OBJETIVOS

Estudiar el principio del transformador. Y sus aplicaciones más importantes

19.2. MARCO TEORICO

Los transformadores se basan en los descubrimientos de Hans Orested (1820), quién demostró que un campo magnético siempre rodea a un conductor por el que circula una corriente eléctrica y el de Michel Faraday (1831), ley de inducción
($\varepsilon = -N\, d\Phi_B/dt$) o $V_E = \int \mathbf{E}.d\mathbf{l} = -(N \int \mathbf{B}.d\mathbf{A})/dt$), donde:

$V_E = \varepsilon$ = Potencial equivalente o fuerza electromotriz inducida
Φ_B = Flujo Magnético
N = Número de espiras

Los transformadores de núcleo de hierro dulce (bajo contenido de carbono y área de la curva de histéresis pequeña), son de gran utilidad para subir o bajar la corriente alterna o el voltaje. El nùcleo conduce el flujo magnético producido por la corriente alterna en el primario a través del secundario, el cambio del flujo en el secundario induce en sus terminales una fuerza electromotriz con la misma frecuencia que el primario de esta manera se puede transmitir una potencia eléctrica.

En la transmisión de energía eléctrica por medio de cables a largas distancias, los transformadores son indispensables. En las centrales eléctricas las corrientes se crean en enormes generadores de corriente alterna a un voltaje relativamente bajo y corrientes relativamente altas. Si se intentara trasmitir esta energía eléctrica a un voltaje digamos de 2200 V, por muchos kilómetros de cable a una ciudad lejana, la intensidad de corriente seria tan grande que casi toda la energía se consumiría en calentar la línea de trasmisión. Debe recordarse que el calor generado es energía que se disipa.

Para evitar las grandes pérdidas calóricas, los transformadores en las centrales eléctricas elevan el voltaje hasta unos 220.000 V antes de mandar la corriente por la línea de transmisión puesto que el voltaje está aumentando 100 veces, la corriente desciende en la misma proporción. Como el calor disipado es proporcional a I^2, entonces con esta operación la pérdida de energía es solo de una diezmilésima parte de las que se produciría si no usara el transformador. Al llegar la linea de trasmisión a la ciudad, una sub-estación reduce el voltaje casi a su valor original 2 200 V. Desde allí se distribuye la energía por varios ramales a las diferentes partes de la ciudad, donde se usan trasformadores más pequeños, uno cercano a cada grupo de casas, disminuyendo otra vez el voltaje a valores relativamente seguros de 110 o 120 V.

Con él se puede estudiar la relación entre los voltajes primario y secundario, la potencia de entrada y salida etc. Aunque se pueden usar bobinas con cualquier número deseado de espiras, las típicas para un laboratorio experimental tienen 12 000, 600, 300, 6 y una vueltas.
Además de ellas, seran muy útiles una bobina especial de 100 vueltas con tomas de cada 20 espiras.

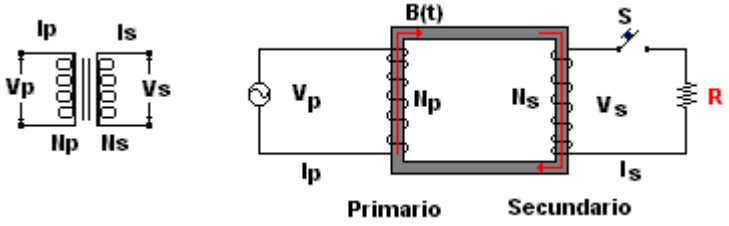


Figura 1. Sìmbolo y circuito elèctrico para un transformador

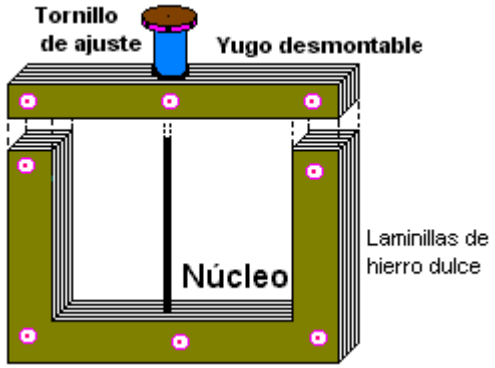


Figura 2. Núcleo del transformador

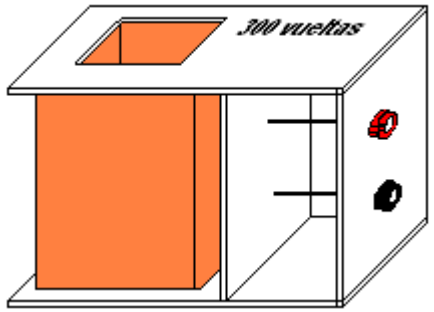


Figura 3. Bobina de 300 espiras

19.2.1. TRANSFORMADOR IDEAL

En un transformador ideal, el flujo magnético (ϕ_B) que atraviesa el devanado de alambre de N_p espiras del primario, cambia a razón de ($d\phi_B$ /dt), la fem inducida se expresa así:

$$\varepsilon_p = -N_p\ k\ (d\Phi_B/dt) \qquad (1)$$

donde k depende de las unidades usadas.

La corriente produce un flujo magnético alterno en el núcleo, este flujo variante ligado al primario, induce una fem en el secundario dada por:

$$\varepsilon_s = -N_s\ k\ (d\Phi_B/dt) \qquad (2)$$

Esta relación se mantiene para cada instante del ciclo de corriente alterna. Como el voltaje eficaz V es igual a 2 la fem máxima, de las ecuaciones 1 y 2 tenemos que

$$V_p/V_s = N_p/N_s \qquad (3)$$

La ecuación anterior implica que cuando en el primario se coloca una bobina con mayor número de espiras que en el secundario, el voltaje en el secundario es menor, el transformador se llama transformador reductor de voltaje, al ordenamiento contrario se le llama transformador elevador.

Cuando el transformador se opera en el secundario sin carga, el primario actúa como un choque de gran inductancia. Esto proporciona una pequeña corriente, la cual para el caso ideal se encuentra retrazada 90^0 grados respecto al potencial, de esta forma no se consume potencia.

La relación para las corrientes es:

$$I_p\ N_p = I_s N_s \qquad (4)$$

Esta ecuación implica que se pueden obtener grandes corrientes en el secundario de un transformador reductor, y así emplearlo en operaciones de soldadura, a su vez voltajes pequeños.

En el transformador ideal el desfasamiento del primario y del secundario son iguales, ver figura 5.

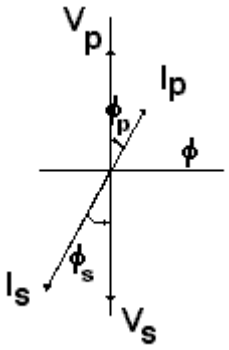


Figura 5. Relaciones de fase del transformador ideal

La potencia de salida en el secundario es igual a la potencia de entrada en el primario bajo condiciones ideales:

$$P_s = V_s I_s \cos\phi_s = P_p = VpI_p \cos\phi_p \qquad (5)$$

De (5) obtenemos:

$$V_s I_s = V_p I_p \qquad (6)$$

En donde $\phi_s = \phi_p$

ϕ, es el ángulo de fase.

El transformador real está sujeto a pérdidas de potencia, estas pérdidas representan aproximadamente un 10% de su eficiencia y son:

19.2.2. Pérdidas en el núcleo :

a) Pérdida por histéresis. b) Corrientes de Foucault. c) Dispersión de flujo

19.2.3. Pérdidas en las bobinas :

Pérdidas por los alambres de las bobinas (pérdidas en el cobre).

19.2.4. Eficiencia de un transformador:

Los transformadores se construyen para obtener de ellos una eficiencia máxima cuando trabajan a cierta carga. La eficiencia se define:

Eficiencia = Potencia de salida/ Potencia de entrada = $P_s / P_p = V_s I_s \cos\theta_s / V_p I_p \cos\theta_p$

19.3. MATERIALES A UTILIZAR

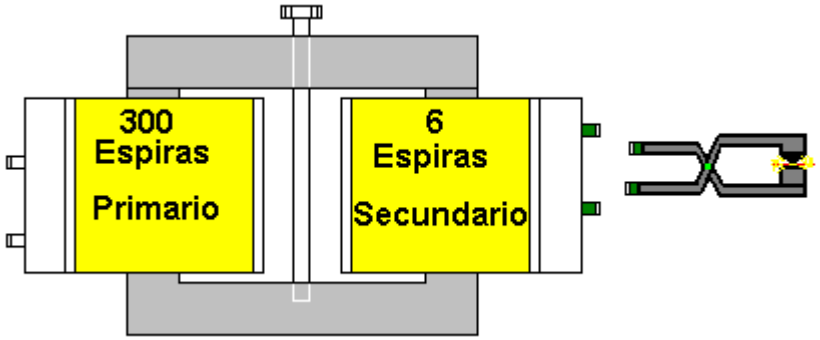


Figura 4. Transformador reductor. Soldador de punto

Bobinas de 1 espira de 6, 300, 600,1 200, 12 000 espiras, dos multímetros, fuente de 120 VAC y de 60 Hz, Núcleo desmontable del transformador, montaje para soldador de punto, para crear un arco, para observar la fuerza magnética.

19.4. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Con bobinas de 1, 6, 300, 600 y 12 000 espiras proceder de la siguiente manera:

Con el núcleo desmontable como el de la figura 2:

Coloque la espira de 1a figura 6 en el secundario, llene con agua la concavidad de la espira, que observa al conectar el primario a la red (120 VCA)?

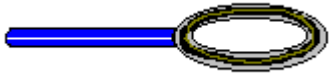


Figura 6. Espira con cavidad para hechar agua.

un alumno debe sostenerla con la mano del mango. La bobina de 300 espiras en el primario, cierre el circuito ajustando bien el Yugo del núcleo, conecte el primario a la red (120 VAC), que observa con el agua explique el hecho. Mida con un amperímetro la corriente en el primario y en el secundario, mida con un voltímetro el voltaje en el primario y en secundario aplique las ecuaciones anteriores, deduzca la potencia en el primario y en el secundario, repita el experimento para los siguientes ordenamientos:

N_p = 12000, N_s = 300 (transformador elevador),en la salida del secundario coloque el ordenamiento de la figura 7 que observa?.

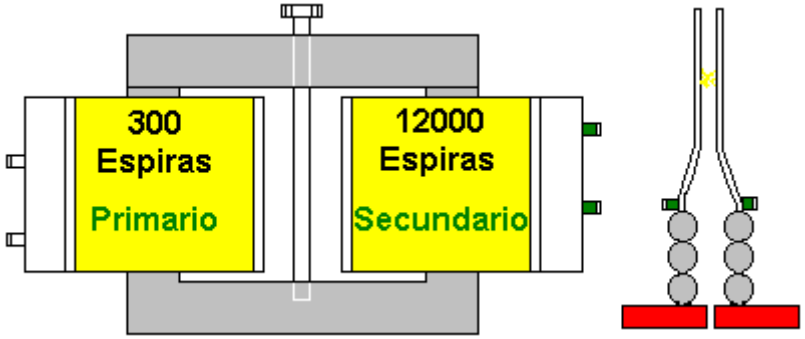


Figura 7. Transformador elevador

Acerque los alambres de la izquierda , se observa una llama entre los alambres indicando el alto voltaje producido, calcule la corriente y el voltaje en el primario y en el secundario, calcule la potencia en el primario y en el secundario.
Realice el diagrama de fases para un transformador comercial (Opcional).
Explique físicamente las pérdidas en el núcleo y en la bobina
Realice un trabajo sobre la Histéresis , cómo se puede medir, diseñe un experimento. (Opcional).
Investigue sobre las corrientes de Foucault (Opcional).
Investigue sobre las pérdidas por dispersión en el núcleo (Opcional).
Investigue sobre pérdidas por el cobre en las bobinas (Opcional).
Un transformador que permite disminuir pérdidas por dispersión de flujo magnético se llama transformador acorazado, ver figura 9. Investigue
Como podría construir un transformador que genere mayor potencia a los vistos?.

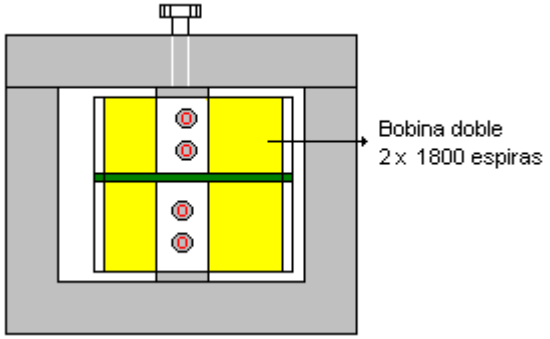


Figura 9. Transformador acorazado.

19.5. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

ALONSO. M, FINN.J.E. Física, Editorial Fondo educativo interamericano. Bogotá. 1970.Capitulo 15.

HALLIDAY, RESNICK y KRANE. Física . Volumen 2. Cuarta Edición .Versión ampliada. Editorial CECSA. México. 1994. Capítulo 37.

HARRIS BENSON. Física Universitaria. Volumen 2. Editorial CECSA. México 1996. Capítulo 11-12.

PURCELL, Edward. Berkeley physics course. Volumen 2. Editorial Reverté S.A. 1988.Capitulo 8.

SEARS.F.W, SEMANSKY. M.W. Física. Editorial Aguilar. Madrid. España. 1966. Capítulo 33.

SERWAY, Raymond. Física. Tomo II. Editorial Mc Graw Hill. 1997.Capitulo 31

20. OSCILOSCOPIO (opcional)

20.1. OBJETIVOS

Familiarizar al estudiante con el manejo y funcionamiento del osciloscopio a través de prácticas de uso común, tales como multímetro y visualizador de señales.

20.2. MARCO TEORICO

20.2.1. COMO MUESTRA EL OSCILOSCOPIO UNA SEÑAL?.

La señal se detecta de la fuente de origen mediante una punta de prueba del osciloscopio. Esta punta de prueba detecta una señal de voltaje. El voltaje de la señal se transmite al osciloscopio mediante un cable por lo general un cable coaxial que se conecta a las terminales de entrada del osciloscopio . Con frecuencia la señal en este punto tiene una amplitud demasiado pequeña para activar al subsistema de despliegue (el tubo de rayos catódicos), por lo que generalmente necesita amplificarse. La función del subsistema de deflexión vertical es llevar a cabo dicha amplificación. Después de la amplificación adecuada, la señal de entrada se aplica a las placas de deflexión vertical del tubo de rayos catódicos. Dentro del tubo, se crea un haz de electrones mediante el cañón de electrones. El haz de electrones se enfoca y se dirige para que choque con la pantalla fluorescente, creando un punto de luz en el lugar de impacto con la pantalla. El haz se deflexiona en forma vertical en proporción a la amplitud del voltaje aplicado a las placas de deflexión vertical del tubo. La señal amplificada de entrada también está monitoreada por el subsistema de deflexión horizontal. Este subsistema tiene la tarea de barrer horizontalmente el haz de electrones a través de la pantalla a una velocidad uniforme.

La deflexión simultánea del haz de electrones en la dirección vertical, (por el subsistema de deflexión vertical), y en la dirección horizontal(por los circuitos de base de tiempo y las placas de deflexión horizontal), hace que un punto de luz producido por el haz de electrones trace una línea a través de la pantalla del tubo de rayos catódicos. Si la entrada es periódica y los circuitos de base de tiempo sincronizan correctamente el barrido horizontal con la deflexión vertical, el punto de luz recorrerá el mismo camino en la pantalla una y otra vez. Si la frecuencia de la señal periódica es bastante alta, (mucho mayor de 50 Hz), el trazo que se repite aparecerá como una imagen permanente pintada por una línea sólida de luz en la pantalla.

Las fuentes de poder del osciloscopio convierten la corriente alterna de suministro a los voltajes y corrientes adecuados de corriente directa que se necesitan para operar los demás subsistemas del osciloscopio.

20.2.2. SUBSISTEMAS DEL OSCILOSCOPIO.

El osciloscopio es un instrumento complejo, capaz de medir o desplegar una amplia variedad de señales. está compuesto por subsistemas cada uno con una función específica así:

1.2.2.1. Subsistema de despliegue visual (Tubo de rayos catódicos)
1.2.2.2. Subsistema de deflexión vertical
1.2.2.3. Subsistema de deflexión horizontal
1.2.2.4. Fuentes de poder
1.2.2.5. Sondas (puntas de prueba)
1.2.2.6. Circuitos de calibración, ver figura 1.

20.2.2.1 Tubo de rayos catódicos

Es el subsistema más importante del osciloscopio, se muestra en la figura 2. Es un recipiente cerrado de vidrio con un cañón de electrones, y un sistema de deflexión montado dentro del tubo en un extremo y una pantalla fluorescente en el otro. El tubo está evacuado con un alto vacío con el objeto de que el fino haz de electrones producido por el cátodo no se disperse al chocar con las moléculas gaseosas dentro del tubo, al haber muchas colisiones se destruiría la finura del haz. El cañón de electrones produce los electrones por calentamiento del cátodo, varios electrodos de aceleración y controles de enfoque y de intensidad se encuentran en el subsistema.

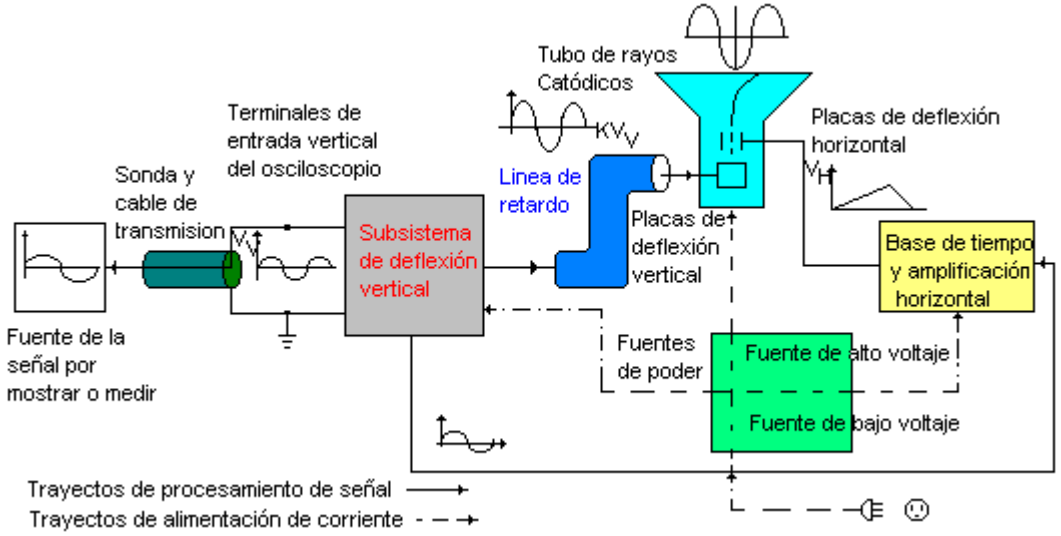


Figura 1. Diagrama de bloques de los subsistemas del osciloscopio

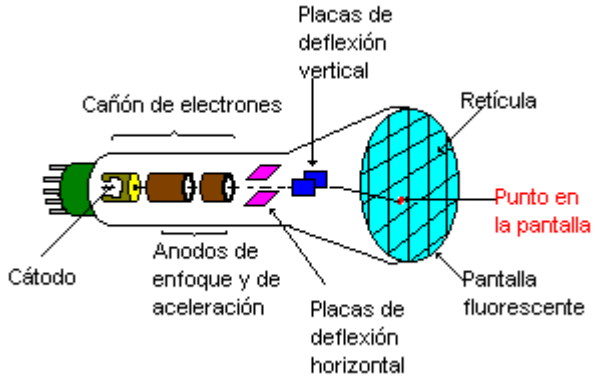


Figura 2. Subsistema tubo de rayos catódicos

La pantalla fluorescente está cubierta de fósforo,en el punto donde el haz de electrones llega a la pantalla, este material emite un punto de luz visible.

20.2.2.2. Subsistema de deflexión vertical
Amplifica o atenúa las señales de entrada con el objeto de producir una figura correcta en la pantalla cuando se aplican señales de interés a las placas deflectoras del tubo de rayos catódicos.

Consta de los siguientes elementos: Selector de acoplamiento de entrada; Acoplador de entrada; Preamplificador; Amplificador vertical principal; y línea de retardo.

20.2.2.3. Subsistema de deflexion horizontal
Consta del amplificador de deflexión horizontal y los circuitos de base de tiempo. Se emplea el amplificador horizontal de dos maneras. La primera es en la amplificación directa de señales externas de entrada (Modo de despliegue X-Y). La segunda es amplificar las ondas de barrido generadas por los circuitos de base de tiempo (Modo de Y contra t).

20.2.2.4. Subsistema Fuentes de poder Esta compuesto por varias fuentes tanto de corriente alterna como de continua para alimentar todos los subsistemas, la fuente inicial es los 120 VAC,de la red.

20.2.2.5. Subsistema Sondas (Puntas de prueba).
Efectúan la importante tarea de detectar las señales en su fuente y transferirlas hasta las entradas del osciloscopio. Idealmente, las puntas deberían efectuar esta función sin cargar o perturbar de modo alguno los circuitos bajo prueba. Ver figura 4.

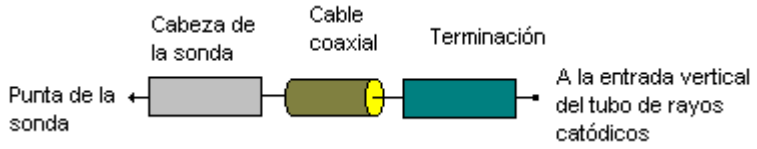


Figura 4. Diagrama de bloques de una sonda (puntas de prueba)

20.2.2.6. . Subsistema circuitos de calibración. Para asegurar que el amplificador vertical de un osciloscopio esté amplificando con exactitud las magnitudes de las señales medidas, se deben efectuar pruebas de calibración periódicamente. Esto es se debe alimentar una señal que tenga una amplitud conocida con exactitud a las terminales de entrada del osciloscopio y observar la señal en la pantalla. Si la pantalla da un valor medido distinto del valor conocido de referencia, indica que el amplificador vertical no se encuentra calibrado en forma correcta. De igual manera se deben efectuar periódicamente pruebas de calibración para asegurar la exactitud de la base de tiempo.

El osciloscopio puede realizar. mediciones de voltaje, mediciones de corriente con una resistencia de prueba, mediciones de tiempo, mediciones de frecuencia(método de barrido disparado), figuras de Lissajous, mediciones de frecuencia con el modo X-Y, despliegue de voltaje contra corriente en dispositivos de dos terminales, etc.

20.3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

1. Funcionamiento: Encendido, operación de comandos, entradas y salidas de la señal, función de los canales, manejo de la sonda, etc.

2. El osciloscopio como visualizador de señales: CD, CA, corrientes pulsantes, superposición de ondas.

3. Como metro: Medidas de voltajes alternos y continuos, V_{pp}, pulsantes, chequeo de la calibración, frecuencias, períodos.

Los valores de voltaje medidos en un osciloscopio se llaman voltajes pico a pico (V_{pp}). Dichos voltajes medidos con un voltímetro se llaman voltajes efectivos (V_{ef}).

La relación matemática entre los mismos es :

$$V_{pp} = K\, V_{ef} \qquad (1)$$

La relación (1) indica una proporcionalidad directa entre V_{pp} y V_{ef} . Tal constante es de tipo adimensional y depende la forma de la onda.

Si la señal es rectilínea (CD) se encuentra que $K = 1$ y por lo tanto $V_{pp} = V_{ef}$, para señales sinusoidales (CA) $K = 2\sqrt{2}$ y para otras señales toma otros valores, dependiendo de la forma de la onda .

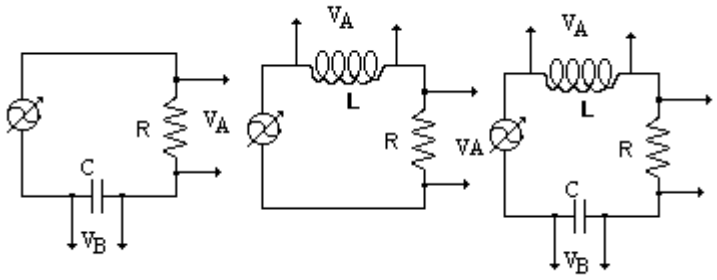


Figura 5. Montaje para observar con el osciloscopio las formas de las ondas .

Montar los circuitos de la figura 5:

Elabore una tabla de datos de V_{pp}, vs, V_{ef}. Repetir el experimento con un circuito RC, mire en el osciloscopio las diferentes formas de la señal, tanto en R como en C, realice gráficas, explique teóricamente. Ver figura 5.

Repita el experimento con un circuito RL, y con un circuito RCL. Ver figura 5.

20.4. ANALISIS DE DATOS

Con la tabla de datos, desarrollar el modelo matemático de la ecuación (1). Mostrar el gráfico y hallar la ecuación particular con programable o con computador. Encuentre el error porcentual en la constante hallada. Comprueba su adimensionalidad. Si es posible halle otras constantes de forma.
Para ello es posible que tenga que diseñar y construir un circuito empleando la fuente de calibración.
Amplíe la información sobre el osciloscopio.

20.5. BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

RIEN VAN ERK. Osciloscopios, funcionamiento y ejemplos de medición. Editorial Paraninfo .Madrid, España 1983.

STANLEY. W y Smith R. Guía para mediciones electrónicas. Ed. Prentice – Hall. México. 1992. Cap. 6.

TEKTRONIX. Circuit concepts. Cathode – ray tubes. Ed. Tektronix Inc. 1967.. Editorial Prentice –Hall. México .1992. Cap.6.

GEORGE ZUICK. The oscilloscope. Ed. Tab.books. 1970.